Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica

Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores.

Editor

Arnaldo L. Bandoni

CYTED

CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO

SUBPROGRAMA IV
Biomasa como fuente de productos químicos y energía.

PROYECTO IV.6
La flora iberoamericana y su aprovechamiento para la producción de aromas y fragancias de interés industrial.

2002

Director de la obra:
Dr. Arnaldo L. Bandoni, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Farmacognosia, Argentina. Correo electrónico: abandoni@infovia.com.ar

Colaboradores:
Los siguientes autores colaboraron con los capítulos o partes que se indican:

Dr. José Luis Balderrama Idina, Universidad Mayor de San Simón. Programa Agroquímico CORDECO. CP 992. Cochabamba, Bolivia. (Capítulo XIV).

Dr. Salvador Cañigueral, Universidad de Barcelona, Facultad de Farmacia. Unidad de Farmacología y Farmacognosia. Av. Diagonal 643. E- 08028 Barcelona, España. (Capítulo XI).

Ing. Agr. Elsa Cerimele, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Cátedra de Fitoquímica. Calle 60 nº 119. (1900) La Plata, Argentina. (Capítulo VII).

Dra. Nélida González de Colmenares, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Decanato de Investigación. Laboratorio de Fitoquímica. San Cristóbal, Venezuela. (Parte II: Venezuela).

Dr. Yajaira Combariza, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Laboratorio de Fitoquímica y Cromatografía. AA 678 Bucaramanga, Colombia. (CapítuloXI).

Dr. Eduardo Dellacassa, Universidad de la República, Facultad de Química, Cátedra de Farmacognosia. Casilla Correo 1157, Gral. Flores 2421, Montevideo, Uruguay. (Capítulo XIII y Parte II: Uruguay).

Ing. Héctor Flores Martínez, CIATEJ,.i.CIATEJ; A.C. Av. Normalistas 800. CP 44270 Guadalajara –Jalisco, México. (Capítulo IX).

Ing. Claudio Mario Grassetti, Consultor privado en ingeniería de procesos y construcciones. Buenos Aires, Argentina. (Capítulos VIII, IX y X).

Dr. Masahisa Hasegawa, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Caracas, Venezuela. (Capítulo XVI y Parte II: Venezuela).

Dra. Carmen M. López. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Escuela de Química. Caracas,Venezuela. (Capítulo XVI).

Dr. Francisco Machado, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Escuela de Química. Caracas, Venezuela. (Capítulo XVI).

Dr. Marco A. Martínez Sosa, CIATEJ A.C. Av. Normalistas 800. CP 44270 Guadalajara –Jalisco, México. (Capítulo IX).

Dr. Marco A Montes Guyot, Universidad de Concepción, Facultad de Farmacia, Farmacognosia. CC 237 Concepción, Chile. (Parte II: Chile).

Lic. Rafael A. Ocampo, Bougainvillea S.A. Ap. 8146. (1000) San José, Costa Rica. (Capítulo VI).

Dr. Ignacio Orozco Avila, CIATEJ A.C. Av. Normalistas 800. CP 44270 Guadalajara –Jalisco, México. (Capítulo IX).

Dra. Aura María Puente de Díaz, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Departamento de Química. A.A. 14490. Santafé de Bogotá, Colombia. (Parte II: Colombia).

Dr. Miguel A. Puertas, Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Laboratorio de Fitoquímica y Cromatografía. AA 678 Bucaramanga, Colombia. (CapítuloXI).

Ing. Agr. Jorge A. Ringuelet, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Cátedra de Fitoquímica. Calle 60 nº119. (1900) La Plata, Argentina. (Capítulo VII y Parte II: Argentina).

Ing. Ernesto Rodríguez Glez, CIATEJ.i.CIATEJ; A.C. Av. Normalistas 800. CP 44270 Guadalajara –Jalisco, México. (Capítulo X).

Dra. Elena E. Stashenko, Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Laboratorio de Fitoquímica y Cromatografía. AA 678 Bucaramanga, Colombia. (CapítuloXI y Parte II: Colombia).

Dr. Stephen Tillet, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Farmacia, Herbario Nacional. Caracas- Venezuela. (Parte II: Venezuela).

Dra. Martha Vargas Hernández, CIATEJ A.C. Av. Normalistas 800. CP 44270 Guadalajara –Jalisco, México. (Capítulo IX).

Dr. Aníbal Vera Virrueta, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Decanato de Investigación. Laboratorio de Fitoquímica. San Cristóbal, Venezuela. (Parte II: Venezuela).

Dr. M. Eduardo Zambrana. Universidad Mayor de San Simón. Programa Agroquímico CORDECO CP 992. Cochabamba, Bolivia. (Capítulo XIV).

INDICE

PARTE II

Prologar esta obra es tarea que encaro con particular e íntimo placer, y son varias las razones que

Prefacio a la Segunda Edición

Han pasado tres años desde la redacción de la primera edición de este texto. Para temas tan actuales como el que se trata, es mucho tiempo. Tanto la evolución del mercado como el desarrollo de la ciencia y la tecnología modifican criterios y asientan nuevas pautas que ineludiblemente deben considerarse. Se sumó a esto la necesidad de convalidar o aceptar las opiniones, sugerencias y observaciones remitidas por numerosas personas que leyeron este libro, y a quienes quiero expresarles mi gratitud por su valiosa colaboración. Finalmente, a varios meses de haber agotado la primera edición, sentí la necesidad de cumplir con innumerables y pendientes pedidos reclamando por este libro, pruebas evidentes de la absoluta vigencia de sus objetivos y de su insustituible presencia.

Surgió así la necesidad de esta nueva edición, que pretende optimizar la propuesta original. La experiencia nos ha demostrado que, aún aportando información en muchos casos parcializada, su utilidad ha sido realmente auspiciosa. De acuerdo a la información recibida, ha sido usado en todo el ámbito latinoamericano (e incluso en algunas universidades norteamericanas) por organismos de ciencia y técnica, investigadores, técnicos, productores, industriales, extensionistas, y ha sido pedido por numerosas bibliotecas universitarias, escuelas agrotécnicas, organismos no gubernamentales, utilizado como libro de texto en cursos de grado y postgrado, etc. Por estos motivos, si bien se podría haber encarado una revisión mucho mayor de su contenido, a los fines prácticos solamente se actualizaron o corrigieron valores y agregaron o modificaron partes consideradas como imprescindibles para su actualización. Esta vez nos impusimos además utilizar una versión electrónica para facilitar su difusión.

Queda para el futuro programar un texto más amplio, incluyendo aspectos científicos o técnicos específicos, que algunos lectores nos reclamaran, pero escapan al fin práctico con que fue encarada esta obra. Esta elección se hizo no por considerar irrelevantes los temas pendientes, sino para mantener la claridad en los propósitos aquí planteados.

Cada uno de los autores participantes de este libro espera de los lectores todo tipo de sugerencia y opinión que les permita brindar a la sociedad latinoamericana un servicio cada vez mejor, para el desarrollo y bienestar de la región.

A.L.B.
Marzo de 2003

Prefacio

justifican tal estado de ánimo.
En primer lugar la sobresaliente labor desplegada por un calificado grupo de investigadores iberoamericanos conducidos con la sabiduría y modestia que caracterizan al dilecto amigo, el Dr. Arnaldo Bandoni.
Este grupo ha alcanzado una meta muchas veces promulgada y pocas concretada: enlazar el saber científico con la realización tecnológica.
Al mismo tiempo se verifica la posibilidad de competir con éxito en un sector industrial explotando recursos de la región.
Se han desarrollado nuevas notas olfativas que han sido evaluadas por expertos internacionales y se han encontrado moléculas no descriptas con anterioridad en la literatura.
Vayan pues mis congratulaciones por este aporte de valor singular y mi deseo que el mismo sirva para emular otras contribuciones en el futuro.

Dr. Roberto E. Cunningham
Coordinador Internacional del Subprograma IV CYTED

Con esta obra se pretende ofrecer al lector un texto único donde pueda obtener la información

Introducción

esencial necesaria para encarar un proyecto agroindustrial basado en las plantas aromáticas nativas iberoamericanas.

La experiencia cotidiana ha demostrado que uno de los inconvenientes más críticos para iniciar un emprendimiento en este sector es el desconocimiento casi total que se tiene a nivel general de las plantas aromáticas. Esto es lógico si se piensa que se tratan de producciones no tradicionales y generalmente alternativas de otros productos agrícolas clásicos, con paquetes tecnológicos ampliamente difundidos y detalladamente descriptos, y con un mercado globalizado y medianamente transparente. Esta falencia inhibe a muchos productores, industriales o inversores a encarar un proyecto dentro de las plantas aromáticas. También ha ocurrido el caso inverso: un mal asesoramiento o una exagerada valorización del mercado, han provocado desarrollos empresariales sobredimensionados o mal encarados, que resultaron en rotundos fracasos económicos. Y estos malos antecedentes inhibieron a otros emprendedores a aventurarse en este ámbito productivo.

No es posible pormenorizar todas las implicancias relacionadas con cada una de las plantas aromáticas que se pueden producir en la región latinoamericana. Referirse a más de doscientas especies cultivables, es prácticamente inútil, pues habría que sondear las posibilidades y debilidades de cada país, cada región, y aún de cada campo, y a esto agregar un profundo estudio de factibilidad tecnológica, económica, y de la oportunidad del emprendimiento en el lugar y en el tiempo. Pero sí es importante destacar que muchas veces el negocio en este rubro no es producir lo ya conocido, sino identificar nuevas plantas eventualmente útiles para la industria de sabores y fragancias. Esta obra pretende orientar al futuro inversor hacia la potencialidad de esta última alternativa, por considerarla de gran relevancia y pertinencia en la región, y por la limitada o dispersa información existente.

Para este objetivo se reseñan en esta obra las principales particularidades de estas plantas, la relevancia y conveniencia de su explotación, algunas de las propiedades que le otorgan mayor valor comercial, su manejo agrícola, los principales procesamientos industriales que las involucran, la metodología para evaluar sus calidades, sus mercados y su nivel de explotación en la región, etc. Un capítulo especial se refiere a la necesidad de preservar la biodiversidad de la flora nativa y las técnicas para lograr este objetivo, cuando se opte por trabajar con material silvestre. También se enumeran varios centros de investigación y desarrollo disponibles en la región para recibir la asistencia técnica adecuada a la hora de evaluar o de consolidar un emprendimiento de este tipo. Por último, y a modo de ejemplos, se describen algunas de las especies aromáticas americanas aún no explotadas comercialmente en forma intensiva, y consideradas como promisorias para encarar estos emprendimientos. Se incluye finalmente un listado bibliográfico que permitirá tener una perspectiva más completa de alguno de los asuntos tratados en particular.

La concreción de este trabajo fue posible gracias a la desinteresada colaboración de los expertos

y profesionales que han contribuido en alguna parte de su contenido. Como compilador de esta obra, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por esta labor.

El Programa CYTED, gracias al cual se edita este libro, ha resultado en una muy eficaz herramienta para mejorar las comunicaciones de las comunidades científica y productiva latinoamericanas, para coordinar sus esfuerzos aislados y hasta muchas veces confluentes, y para aprovechar sus escasos recursos disponibles para el desarrollo de la región. Su rol inductor es indudable, y para valorar en forma ecuánime su impacto en nuestros países, se tendrán que ponderar no solamente los resultados inmediatos, sino su influencia a largo plazo, como generador de nuevas oportunidades y mejores perspectivas para nuestra sociedad. La edición de este libro está enmarcada en esta política, y hubiera sido infructuoso el esfuerzo realizado sin el soporte tanto económico como institucional del Programa CYTED y sus directivos. A ellos nuestro más sincero agradecimiento.

El deseo de todos los participantes de esta obra es que con su lectura se despierte en Latinoamérica el interés por escudriñar sus recursos vegetales aromáticos. Y que los frutos de esa gestión sirvan para el desarrollo de sus economías regionales y el bienestar de su población.

A.L.B.

Toda la historia y aún la prehistoria del hombre discurre en una íntima relación con las

Parte I

Capitulo I

Las plantas aromáticas

plantas aromáticas y sus componentes olorosos. Desde que el homo sapiens discriminó el alimento del tóxico, el aire limpio del contaminado, o reconoció las virtudes del aroma de una flor o un fruto, comenzó a familiarizarse con gustos y olores que determinaron su hábitat, su comportamiento, sus costumbres, sus medicinas, hasta sus placeres y sus vicios, hasta su recuerdo y sus deseos. La vida era para él, entre otras cosas, una experiencia que se generaba desde el olfato y el paladar.

Desde entonces, su memoria se enriqueció con sabores y olores, y fueron formando parte de su cultura y de su idiosincrasia. No importa si quedaron registrados en su memoria o si el tiempo los transformó en instintos: ya una rica variedad de aromas y de olores, forman parte de su ser. De su ser humano, como especie, no ya como individuo. Y es así como el niño gusta del sabor dulce, reconoce el olor de su madre y rechaza con el estornudo o la tos el olor o el sabor “extraño”.

¿Pero qué antecedentes tenemos de esta relación entre el hombre y las plantas aromáticas? Son innumerables, desde los anecdóticos hasta los testimoniales, desde los personales hasta los culturales, desde los mitológicos hasta los científicos. Se han encontrado restos de un equipo parecido a los destiladores de esencias actuales en la cultura Mesopotámica de hace 5.000 años. Un grabado egipcio estimado del año 2300 AC muestra el empleo del tomillo en la elaboración de la cerveza. Restos prehistóricos de vasijas conteniendo resinas y bálsamos vegetales hablan de una significación medicinal o tal vez cosmética otorgada a estos productos. La Biblia y los presentes de los Reyes Magos al Dios niño nos dicen del valor de la mirra y el incienso en aquellas épocas. Los monasterios medievales fueron el refugio de numerosos cultivos de especies aromáticas (precursores de los jardines botánicos y herbarios actuales), y donde se resguardaron viejas y afamadas recetas de pociones y brebajes (el licor Benedictino aún hoy mantiene su fama), que actuaban como medicinas, licores y panaceas de uso cotidiano. En todas las épocas grandes viajeros y expedicionarios como Alejandro Magno, Marco Polo, Colón, Cook o Vasco da Gama fueron los grandes descubridores de extrañas especias, riquísimas fragancias y preciosas plantas que ofrecían novedosos aromas y virtudes medicinales y culinarias, como la canela de China, la pimienta de India o el cacao de América.

Toda esta tradición ha evolucionado en lo que es hoy la agroindustria de las plantas aromáticas, con sus innumerables aplicaciones y su cada vez mayor importancia comercial. Pasada ya la época de oro de la síntesis química, cuando parecía que todo podía lograrse en el laboratorio y la independencia de los productos naturales se consideraba un hecho, en la actualidad estas plantas resurgen como una alternativa, ni mejor ni peor que los sintéticos, simplemente otra opción, que merece considerarse y que analizaremos en particular.

En busca de una definición

No siempre es válido suponer que una planta aromática es simplemente aquélla que genera un olor o un sabor particular, sea éste agradable o no. En esta caracterización deben plantearse muchas veces excepciones. Una planta puede carecer de un olor típico en condiciones naturales, pero puede generar una esencia de gran valor si se la procesa adecuadamente. Tal es el caso del patchuli (*Pogostemon patchouli*), cuyas hojas es necesario fermentarlas para lograr el aceite esencial tan afamado. Y el aroma ahumado obtenido de ciertas maderas sólo se logra mediante un proceso pirolítico, es decir que la madera originalmente no tiene tales productos aromáticos, sino que éstos se generan a través de un proceso industrial.

Otro concepto que debe desecharse es la presunción de que todo producto aromático necesariamente tiene que poseer características organolépticas agradables, sea por su olor o su sabor. Esto muchas veces es erróneo, pues existen en el mercado numerosos productos aromáticos que, o por su finalidad de uso industrial o por sus características especiales, poseen un olor o un sabor despreciable, por lo menos en condiciones normales. Si bien el olor de una flor puede ser atrayente para cualquier persona, los olores individuales de cada uno de los componentes que generan ese olor suelen presentar una inmensa gama de sensaciones olfativas, desde las más dulces, florales y aterciopeladas, hasta las más fétidas, pungentes y reprobables. De la misma manera, un producto aromático obtenido de un vegetal podrá ser altamente hediondo o bochornoso, pero si es usado como materia prima para sintetizar otro compuesto, poco importará su hediondez. De la misma manera que si es utilizado por perfumistas experimentados, podrá servir como elemento de alguna fragancia floral, percibida como un acorde armónico y estéticamente equilibrado. Es decir que el producto en cuestión servirá como un ladrillo más en la construcción del acorde final, a pesar de su fetidez.

Descartados estos dos preconceptos, se ve que no es fácil definir a una planta aromática. En este texto, en función de los objetivos propuestos y para unificar criterios, las definiremos como aquéllas que pueden generar por algún proceso fisicoquímico un producto aromático, entendiéndose por productos aromáticos a los que tienen un olor o un sabor determinado, sin evaluar su calidad comercial o estética.

Debe advertirse ahora que es problemático conjeturar qué grado de interés podrá despertar en el mercado el aprovechamiento de una nueva planta aromática. Más aún, no es siempre previsible determinar qué cambios en la demanda podrá haber de un producto ya conocido, puesto que como se verá más adelante, son productos para una muy amplia variedad de industrias, actividades y usos; y lo que puede ser inútil, estar en desuso o desconocerse en un ámbito, puede ser la bendición o la solución para otras circunstancias.

Por estos motivos creímos conveniente analizar con cierto detenimiento las particularidades de las plantas aromáticas y sus formas de aprovechamiento en este primer capitulo, para recién después evaluar la conveniencia de su explotación y las pautas para lograrlo. Por las características inherentes al tema tratado, es imposible hacer una evaluación completa de la potencialidad existente en nuestra región, y mucho menos pretender agotar sus posibilidades. Simplemente se aspira a describir criterios y procedimientos generales de gestión, que permitan tomar resoluciones a la hora de decidir un nuevo emprendimiento, u orientar objetivos para planificar su concreción.

Distribución en el reino vegetal

Existen innumerables especies vegetales con propiedades aromáticas, desde plantas superiores, hasta algas (Kajiwara y col., 1993; Rodríguez Avalos y Rodríguez, 1991) o líquenes. Algunas

familias botánicas son tradicionalmente fuentes de productos aromáticos, como las Pináceas, Verbenáceas, Mirtáceas, Lamiáceas, Rutáceas, Lauráceas, Piperáceas, Apiáceas y Asteráceas. Es muy arriesgado fijar un valor, pero según distintos autores, el número aproximado de especies con esencia es de unas 3000, de las cuales se comercializan solamente unas 250. Lawrence (1995) da aún un número muy superior: 17500. Arctander (1960) cita alrededor de 400 productos naturales aromáticos usados en la fabricación de fragancias y sabores. Fenaroli (1971) en cambio, estimó esta población en unos 200 productos.

Sin embargo, el universo de las plantas aromáticas es muchísimo mayor, si se considera su origen biológico y su significación comercial. La variabilidad genética de las plantas es una de sus más valiosas virtudes, al aportar una casi infinita riqueza de posibilidades. La naturaleza expresa con esto una libertad de creación aún no igualada por la imaginación del hombre. Como en las postrimerías de nuestra civilización, aún en nuestros días seguimos estudiándola y admirando su fascinante riqueza, y su incomparable belleza. Como fábrica de aromas y sabores, es una permanente fuente y musa ideal de hedónicos productos volátiles. A esta variabilidad deben sumarse factores ecológicos, culturales, metodológicos agrícolas e industriales, que relativizan casi cualquier intención de querer acotar en un número la cantidad de plantas aromáticas.

Se estima que aproximadamente el 65% del mercado de esencias proviene de especies cultivadas, el 1% de especies silvestres (2% en valores monetarios) y el 33% de árboles, mayormente explotaciones forestales (pinos, cedros, ylang, eucaliptos, etc.). Estos valores son altamente significativos, pues demuestran la imperiosa necesidad de la industria de disponer de productos en cantidad y calidad homogénea, algo muy difícil de lograr a través de una explotación de material silvestre. Sin embargo en algunos casos los costos de producción, la fácil disponibilidad de materias primas o simplemente la ausencia de un desarrollo industrial o tecnológico adecuado hacen que la explotación de materiales silvestres sea una alternativa posible.

Diversidad de Productos Aromáticos obtenidos

No todos los productos aromáticos que se pueden obtener de estas plantas tendrán un interés comercial. Se irán describiendo en este libro una serie de consideraciones generales de diversa índole, que permiten discriminar entre las casi infinitas posibilidades, cuáles pueden ser los pasos más apropiados o las necesidades más trascendentes, o cuáles las tendencias y las oportunidades existentes para identificar un producto aromático novedoso, con interés industrial.

Las particulares características del mercado de estas plantas exige constantemente nuevos productos, los que se generan a partir no solamente gracias a la biodiversidad, sino por nuevas tecnologías, o nuevos criterios estéticos y hasta éticos. En algunas oportunidades se han llegado a patentar calidades atípicas de materiales aromáticos, como la patente U.S. 8645 (Unites States Plant Patent, 1994 y siguientes), origen de una serie de registros de nuevos clones de aromáticas en EEUU de N., y aplicada a una *Mentha spicata* rica en el terpeno mentona y con bajo porcentaje de mentol. Esta protección intelectual sobre un nuevo cultivar existe también en la mayoría de los países de nuestra región, a través de registros nacionales de semillas o variedades específicas. Casi todos ellos están asociados a la International Union for the Protection of New Varieties of Plants - UPOV. En otros casos, plantas que tradicionalmente no fueron consideradas útiles para la obtención de productos aromáticos, hoy son aprovechadas por la industria de sabores y fragancias. Ejemplo de esto son los aromas de varias frutas tropicales, como las *Passiflora* spp., *Carica papaya* y *Annona* spp.

No es admisible hablar hoy por ejemplo de la explotación industrial de una flor silvestre en peligro de extinción, para la obtención de su esencia. Los llamados de atención que aparecieron en los últimos años en la prensa internacional por la amenaza a la supervivencia del bois de

rose en Brasil es otro ejemplo. La concientización ecológica de nuestra sociedad rechaza una amenaza a la supervivencia de estas especies. Sin embargo, y como se verá más adelante, aún en el caso extremo que estas flores exóticas tengan un olor desagradable, pueden servir de modelos para la identificación de nuevos osmóforos. Es decir que, aunque una orquídea no sea en primera instancia una materia prima apetecible por la industria, el estudio de sus propiedades organolépticas puede aportar estructuras novedosas o esqueletos de moléculas útiles para la semisíntesis de osmóforos.

Una misma planta aromática puede aportar más de un producto comercialmente importante, dependiendo de diversos factores, algunos intrínsecos a la especie vegetal, y otros dependientes del medio ambiente o de los procesos extractivos empleados. Con algunos ejemplos se verá con mayor claridad este hecho.

Se ha publicado recientemente un estudio sobre la calidad de la esencia de tomillo proveniente de cultivos en Italia, analizando cultivos con 2 y 5 años de desarrollo (Hudaib y col., 2002). En los cultivos más jóvenes se observaron mayores renidmientos de esencia, y un mayor contenido de constituyentes fenólicos. Mientras que en los cultivos con 5 años, se observó, además de menor rinde y menor presencia de fenoles, la aparición de nuevos componentes, como el alcanfor y el timoldihidroquinona. Es un claro ejemplo de cómo la calidad del aceite esencial depende de la antigüedad del cultivo de origen.

El naranjo, es un caso típico de planta donde, según la parte utilizada, se pueden obtener distintos productos aromáticos. De sus flores se obtiene la esencia de neroli o azahar, del epicarpio de sus frutos se obtiene la esencia de naranja, y de sus frutos aún verdes y sus hojas se obtiene la esencia de petit grain. Son tres esencias de amplio uso en la industria de sabores y fragancias, y con grandes diferencias en cuanto a sus características fisicoquímicas, organolépticas y costos. Por otro lado la esencia obtenida de los frutos es muy distinta según el método de extracción empleado. La esencia obtenida por el método de expresión en frío es mucho más apreciada que la obtenida por destilación por arrastre con vapor de agua. Y por último, no tienen la misma calidad ni el mismo valor comercial una esencia de naranja de Brasil, que una de California. Las condiciones climáticas (cantidad de lluvias, luminosidad) la altura, los distintos suelos (porcentaje de oligoelementos, pH, humedad, etc.), modifican las calidades a veces en forma sustancial. Otro ejemplo es la menta inglesa, donde se ha observado que las hojas apicales presentan mayor contenido de compuestos oxigenados, y las basales (reciben menor luminosidad) son ricas en componentes menos oxigenados (Clark y col. 1980).

A todos estos factores debe agregarse la variabilidad genética de las plantas. Y en este sentido debe considerarse que las plantas aromáticas suelen presentar una notable variación en cuanto a calidades. Esto se debe fundamentalmente a la presencia de los llamados quimiotipos, es decir individuos de una misma especie que se diferencian entre sí por una distinta composición química. Dada la frecuentemente alta complejidad química de un aceite esencial, no es raro encontrar distintas calidades de esencia dentro de una misma especie. En el caso del tomillo, por ejemplo, se han detectado más de cinco calidades de esencia, aún cuando se analice solamente la especie *Thymus vulgaris*. Además de la tradicional esencia de tomillo rica en timol y carvacrol, existe otro tomillo con una esencia rica en linalol, con olor más parecido a una lavanda que a un tomillo. Existen otros tomillos, siempre *Thymus vulgaris*, con un alto contenido de eugenol, lo que los asemeja a una esencia de clavo. Y por último existe otra variedad con una esencia con cantidades proporcionales de linalol, timol y eugenol. Algo similar ocurre con numerosas otras plantas aromáticas, como el hinojo (*Foeniculum vulgare*), romero (*Rosmarinus officinalis*), mejorana (*Marjorana hortensis*), albahaca (*Ocimum basilicum*), manzanillas (*Matricaria recutita* y *Anthemis nobilis*), ajedreas (*Satureja* spp.), mentas (*Mentha* spp.), etc. (Muckensturm y col., 1997; Granger y col., 1973; Tètènyi, P. 1970; Tètènyi, P. 1986).

¿Por qué se hace tan notoria esta variabilidad química en el caso de las plantas con aceites

esenciales? Simplemente porque una esencia tiene una muy compleja constitución química. Esta variabilidad no suele ser tan grande cuando se evalúa la composición química de una planta en función de su contenido en otros tipos de componentes, como alcaloides, flavonoides o quinonas por ejemplo. La diferencia fundamental está en que la constitución química de una esencia se define por el método de obtención empleado para su aislamiento, y no por la estructura química de sus constituyentes. Esto hace que en una esencia aparezcan un sinnúmero de compuestos de la planta de origen, biosintetizados por distintas vías metabólicas: terpenos con fenoles, aldehidos alifáticos con fenilpropanoides, estructuras indólicas con pirazinas, tioles con hidrocarburos, etc.

Por consiguiente, los factores que regulan la producción o almacenamiento de estos constituyentes en la planta son cualitativa y cuantitativamente mucho más complejos que en el caso de una planta donde lo que se procura es la formación de estructuras conformadas por un único o a lo sumo una familia de procesos metabólicos afines.

Además de los factores extrínsecos que modifican la calidad de una planta aromática y los intrínsecos, hay que considerar las posibles modificaciones surgidas por la tecnología aplicada a la planta. Tanto el manejo agrícola (densidad de plantación, riegos, abonos, agroquímicos, tiempo de cosecha, edad de la planta) como el de postcosecha (tiempo de oreado, desecado, almacenamiento, descontaminación, molienda, clasificación), y finalmente el procesado industrial (método de extracción empleado, temperatura, tiempo de extracción, granulometría, etc.), son nuevas variables que se suman a la ya gran heterogeneidad apuntada a partir de una misma especie vegetal, y que en conjunto determinan su calidad aromática.

Una variable típica en el tratamiento postcosecha es por ejemplo el desecado. Cuando el material no se usa fresco, se le debe bajar el contenido de humedad sin afectar la calidad o la cantidad del producto aromático presente. Este proceso tiene entre otros objetivos los de reducir tiempos y costos de destilación, aumentar la estabilidad del producto inhibiendo la actividad enzimática que puede descomponer o modificar los principios aromáticos originales, estabilizar tanto el color como el olor, el sabor y la textura, y reducir costos de fletes y almacenaje. Para esto se aplican muy distintas técnicas, desde el simple secado a campo y al sol, hasta sofisticados hornos de desecación con controles automáticos de humedad, temperatura y tiempo de procesamiento del material vegetal. Lógicamente que no serán iguales los productos aromáticos obtenidos por tan diversas técnicas, y la selección de la misma será un compromiso entre la calidad exigida, los recursos disponibles y el tipo de material vegetal que se va a procesar. Tómese como ejemplo de esta fuerte dependencia entre calidad del producto aromático y la tecnología aplicada, las conclusiones del trabajo realizado por Saijo y Takeo (1975), quienes observaron una notable variación en el contenido original de cis-3-hexenol (un alcohol con el típico olor del césped recién cortado, y presente en numerosos materiales vegetales aromáticos frescos) cuando el té verde es procesado por los métodos tradicionales (picado y fermentado).

Se advierte que no es fácil lograr una calidad normalizada de un nuevo producto aromático, si no se tiene una evaluación previa de la mayoría de estas variables. Y esto en algunos casos significa una labor tediosa, de analizar numerosas muestras durante períodos prolongados, para poder sacar conclusiones válidas. Pero disponer de esta información será seguramente la herramienta más valiosa a la hora de competir en el mercado.

En el caso de las mentas, por ejemplo, es muy crítica la determinación del momento de cosecha. Se sabe que el aceite esencial se va almacenando a medida que sus hojas van desarrollándose, llegando a tener un máximo de esencia a aproximadamente los 20 días desde que se empezó a formar la superficie foliar. El proceso biosintético de los terpenos despliega su mayor actividad a los 15 días (más precisamente entre los 12 y 20 días), cuando las hojas están en pleno desarrollo, siendo mucho menor antes y después de este tiempo. También se ha observado que la pérdida de aceite esencial de las hojas de menta por evaporación es muy baja (menor al 1% de su

contenido), por lo que se puede deducir que la producción de esencia está regulada por procesos biosintéticos, independientemente de su eliminación natural (Gershenzon y col., 2000).

Por otro lado la calidad del aceite esencial de menta inglesa va variando a través de los días: en las hojas viejas predomina el contenido de eucaliptol y mentol, en detrimento del limoneno, mentofurano y mentona. La calidad de esta esencia está determinada comercialmente entre otras cosas por un contenido equilibrado de mentol y mentona. Una época temprana puede resultar en la obtención de una esencia pobre en mentol y rica en pulegona. Y la inversa puede dar una esencia pobre en mentona y rica en mentofurano. Conociendo las etapas biosintéticas por las que atraviesa la esencia y los factores que la afectan, es decir las transformaciones fisicoquímicas que se observan naturalmente en la planta debido a sus procesos metabólicos y a su relación con el medio, se puede asignar con mayor precisión el momento óptimo de cosecha, en función de la calidad aromática buscada. En la Fig. 1 se observan las dos vías biosintéticas posibles en la menta en un determinado momento de su metabolismo. Los días largos, una alta intensidad de luz y bajas temperaturas nocturnas favorecen la producción de mentona, mientras que las situaciones inversas favorecen la producción de mentofurano, un producto no deseable en altas proporciones en la esencia de menta inglesa (Clark y col. 1980).



Fig. 1: Ultimas etapas biosintéticas de los principales componentes de la esencia de menta (Clark y col. 1980).

Pero la determinación del momento óptimo de cosecha puede tener una exigencia aún mayor. Esto ocurre en general con las flores, donde el metabolismo de la planta es muy activo y complejo, y por lo tanto varía casi constantemente la composición de su porción volátil. En el jazmín, se han identificado ciertos ciclos circadianos que modifican la calidad de su esencia según el momento del día (Peyron y col. 1981): a las 7 de la mañana tiene 0.6 % de indol y 6 % de linalol. A las 13 horas: 0.3 % y 25 % respectivamente, y a las 19 horas: 0.4 y 13 % respectivamente. Casos muy interesantes se han publicado para algunas especies como *Citrus* sp., incluso observándose modificaciones cíclicas en flores cortadas (Altenburger y col. (1990). Por este motivo no será lo mismo una esencia extraída a la mañana, que otra obtenida a la tarde o a la noche.

Formas de aprovechamiento de las plantas aromáticas

Hay dos alternativas básicas para el aprovechamiento industrial de las plantas aromáticas: como aporte de materias primas o como modelos para la caracterización estructural de otras materias primas. En el contexto de esta obra, se pondrá énfasis en la primera posibilidad, pues el segundo camino es un ámbito mucho más específico, con pautas y exigencias tecnológicas, económicas y comerciales muy particulares, mucho más afín a una labor científica, y que escapa a los objetivos inicialmente planteados en este libro.

Estas plantas pueden ser aprovechadas desde el punto de vista comercial o industrial de distintas maneras: como material vivo, material fresco, material desecado (entero, picado o molido) o para la obtención de extractivos. En el primer caso se comercializan plantas en maceta, pa-

ra el uso hogareño y en jardines o como material reproductivo. En el caso de material vegetal fresco o desecado la finalidad es fundamentalmente para uso alimenticio, para la elaboración de salsas, condimentos, comidas preelaboradas, fiambres, etc. (albahaca, perejil, estragón, nuez moscada, clavo, canela, etc.). Pero también merecen citarse los usos medicinales (hojas de eucalipto, raíces de valeriana, flores de manzanilla) y otros de menor importancia, como algunas maderas empleadas para la elaboración y perfumado de sahumerios, potpourri y otros productos.

Con referencia a los extractivos obtenidos de plantas aromáticas, pueden ser: aceites esenciales, resinoides, concretos, absolutos, extractos crudos o purificados, oleorresinas, exudados naturales (bálsamos y resinas), etc. Más adelante se describirán detalladamente a los aceites esenciales. Se denomina concreto a un extractivo de una planta aromática obtenido por medio de un disolvente no polar (dentro de los más usados están: hexano, éter de petróleo, acetona, acetato de etilo, butano, n-butanol, etc.) o etanol, y posterior eliminación de éste por evaporación a baja temperatura y con ayuda de vacío. El residuo resultante suele ser un producto semisólido, pastoso, conteniendo no solamente la porción aromática de la planta si no también productos oleosos, cerosos, clorofila, pigmentos, resinas, etc. En la jerga comercial estos tipos de extractos suelen llamarse oleorresinas, por el hecho de contener todos los componentes oleosos o liposolubles de la planta de origen. Muchas de estas oleorresinas tienen un vasto uso en la industria alimenticia y farmacéutica, como reemplazantes de las respectivas partes de la planta. Las ventajas que tienen son la facilidad de dosificación, la posibilidad de homogeneizar la calidad, la carencia de problemas por contaminación microbiana y por ende una mayor estabilidad. Y con respecto a los aceites esenciales, en algunas circunstancias suelen preferirse por contener no solamente los componentes volátiles de la planta, sino también otros compuestos que hacen al sabor, la textura, la pungencia, solubilidad, y al acorde de sus características organolépticas.

Una vez obtenido el concreto, se lo puede redisolver en etanol a temperatura ambiente o como máximo a 40-50 ºC. Quedará una parte insoluble en el etanol, que se denomina resinoide, y una parte soluble que se separa por filtración, la que después de eliminarle el etanol (siempre a baja temperatura y con la ayuda de vacío) se denomina absoluto. Estas dos formas de extractos tienen amplia difusión en la industria perfumística, fundamentalmente para la perfumería fina, por otorgar al producto final una mayor fijación y características olorosas más comparables al producto natural de origen.

Otra manera de obtener extractivos es con solventes como el agua, glicoles, alcoholes o mezclas de éstos. Estos extractos son muy usados en las industrias farmacéutica, cosmética y alimenticia. En la actualidad tienen enorme importancia algunos de estos extractos como los de romero, salvia y orégano por sus propiedades antioxidantes, o la manzanilla en champúes para tratamientos capilares, la melisa o la valeriana como sedantes, o la genciana y el coriandro en la industria licorera.

Algunas especies aromáticas, como los *Pinus* spp., o el árbol *Myroxylon pereira*, exudan naturalmente o por incisiones o heridas efectuadas en sus maderas, sustancias aromáticas conocidas como resinas (verdaderas oleorresinas naturales cuando contienen un porcentaje importante de esencia) o bálsamos, diferenciándose entre sí por sus composiciones químicas.
Posiblemente la resina más importante en la industria sea la de los pinos, llamada miera, y empleada para elaborar una infinidad de productos, desde aditivos para las pinturas y las tintas, hasta productos farmacéuticos y cosméticos, agroquímicos, materias primas de perfumería, etc.

Si el extractivo se hace vertiendo agua hirviendo sobre la planta aromática, lo que se obtiene es una infusión. Pero si la extracción se realiza con agua a reflujo, se produce un cocimiento, que tiene un mayor contenido de principios hidrosolubles que una infusión. Son éstas las formas más tradicionales de uso en la tradición culinaria y herbaria.

Aunque el aprovechamiento para la obtención de extractivos no es siempre la mejor op-

ción económica, en este libro enfatizaremos esta alternativa, por ser la opción que mayor valor agregado puede aportar a una planta aromática, y por lo tanto la que mayor interés puede despertar en los sectores económicos de la región latinoamericana. No obstante, no debiera olvidarse que, cuando se inicia un emprendimiento con estas plantas, la mayoría de las veces resulta conveniente pasar por una etapa inicial de producción de biomasa, donde el único camino rentable es la comercialización de material vegetal, vivo, fresco o desecado. Y recién después de esta primera etapa de amortización o recuperación económica (con retorno de parte de la inversión inicial) y de toma de experiencia a nivel agrícola y comercial, se pasa a una segunda etapa de mayor desarrollo industrial, con la instalación de una planta extractora y la optimización del producto extractivo.

Industrias usuarias de productos aromáticos

Las principales ramas de la industria que más consumen plantas aromáticas o aceites esenciales son:

Industria cosmética: para la elaboración de perfumes. Su importancia comercial resulta singularmente relevante, pues muchos cosméticos tienen un posicionamiento en el mercado debido casi exclusivamente a la fragancia que contienen. Y en forma especial merece destacarse el mercado de las fragancias: perfumes, aguas de tocador, colonias, extractos, etc. Otro rubro sobresaliente es el de los dentífricos, por su gran consumo de derivados de la menta.

Industria alimenticia: Para la elaboración de sabores, salsas, aditivos, bebidas colas y otras analcohólicas. Muchas de estas plantas son usadas como especias (clavo, canela, jengibre, nuez moscada, vainilla, coriandro, comino, ajo, etc.). Otras, tienen una aplicación muy específica, como el lúpulo en la industria cervecera, o la mostaza y el azafrán. En apicultura se ha extendido en los últimos años la demanda de calidades tipificadas de mieles, y muchas de éstas provienen de cultivos de plantas aromáticas, como el eucalipto, el orégano o la salvia.

Industria licorera: Esta especialidad se nutre casi exclusivamente de plantas aromáticas. Ya sean extractos o esencias, el rol en esta industria es fundamental. En muchos países existe una industria licorera dedicada a especies autóctonas, la que aprovecha el conocimiento popular de las plantas aromáticas, para la elaboración de formulaciones tipo amargos, aperitivos, o licores regionales.

Industria farmacéutica: En consideración a las características de esta industria, se ha incluido un capítulo especial para tratar los usos farmacológicos de las esencias. Solamente cabe recordar aquí el amplio uso que tiene en alopatía productos como el eugenol, como analgésico tópico, el eucaliptol y el timol como antisépticos, el mentol como antipruriginoso, o el α-)-bisabolol como antiinflamatorio local. Se verá también con mayor detalle más adelante el capítulo de la aromaterapia, rama de la medicina que tiene una destacada trascendencia en los últimos años en todo Occidente. También conviene recordar el uso en veterinaria de algunos productos aromáticos, como piojicidas (limoneno y mentas), repelentes de insectos (citronela), en la forma de extractos para distintas dolencias de animales de cría (romero, tomillo, menta), etc.

Productos de uso doméstico: Muchos de estos productos, como desinfectantes, desodoran-

tes de ambientes, jabones de lavar, suavizantes, son formulados en base a fragancias o a subproductos obtenidos de plantas aromáticas. En este caso la trementina y las esencias cítricas son las esencias más ampliamente utilizadas. La trementina es usada para la elaboración de productos de semisíntesis, como el comercialmente llamado aceite de pino, que no tiene relación alguna con la esencia natural de pino. En esta industria también ha surgido una nueva rama de gran auge en nuestro medio: la Aromacología. En un capítulo posterior se explicará su fundamento y sus diferencias con la aromaterapia.

Industria agroquímica: Utiliza algunos subproductos obtenidos a partir de aceites esenciales, para la elaboración de los llamados bioinsecticidas, o insecticidas biodegradables de origen natural. Es el caso de los productos llamados aleloquímicos, como el cis-6-nonadienal: atractante sexual de ciertos insectos plagas de cultivos. También el uso de la (+)-carvona (presente en la alcaravea y el eneldo) como inhibidor de la formación de brotes en la papa almacenada (Oosterhaven y col., 1996).

Química fina: Así como existe una industria del petróleo, existe una industria de la trementina. Esta esencia obtenida de la resina de varias especies de *Pinus* spp., es una valiosísima materia prima para la semisíntesis de productos aromáticos (el citado aceite de pino, terpineol, canfeno, acetato de isobornilo), insecticidas, vitaminas y otros productos de uso industrial. Pero no es el único caso. El safrol es un terpeno obtenido de varias esencias de origen tropical, y es usado para la semisíntesis de la vainillina. El citral es otro ejemplo de materia prima consumida por toneladas por la química fina.

Industria tabacalera: Es uno de los mayores consumidores de mentol. Pero también numerosos extractos de plantas aromáticas son aprovechados en esta actividad industrial.

Industria textil: En la elaboración de enmascaradores de olores, en tratamiento con mordientes después o durante el teñido.

Industria petroquímica y minera: Utiliza esencias o terpenos derivados de ellas como vehículos de flotación y lubricantes.

Industria de pinturas: Como enmascaradores de olores. El limoneno, como disolvente biodegradable.

Otras industrias: Disolventes para la limpieza de chips en computación, como reemplazantes de derivados petroquímicos: ecológicamente más seguros (biodegradables), con olores menos agresivos que los disolventes petroquímicos, con un punto de inflamación más alto que los disolventes tradicionales, lo que produce menos riesgos durante el uso o almacenamiento, y en algunos casos con más baja presión de vapor y por lo tanto más seguros y aceptables para las legislaciones sobre control de los llamados VOC (Volatile organic compounds : compuestos orgánicos volátiles), etc.

Pero de todas éstas, las dos ramas industriales con mayor demanda de plantas aromáticas son la alimenticia y la de extractivos para sabores y fragancias. En este último caso, lo ideal es que los mismos capitales que producen o acopian el material vegetal, sean los que obtienen los extractivos. Más aún, dado los grandes volúmenes de materia prima que deben movilizarse, resulta singularmente importante que la planta extractora esté instalada lo más cerca posible del cultivo o

de la zona donde se acopia la planta aromática.

La agroindustria esenciera

Existen algunos aceites esenciales que son producidos en forma excluyente por industrias específicas, no como producto principal, sino como subproducto de otras explotaciones. El caso típico es la industria citrícola, donde los productos fundamentales son la fruta y el jugo de los cítricos, y como productos secundarios, industrializan entre otras sustancias (pectinas, flavonoides como naringina y hesperidina, vitaminas) el aceite esencial. Otro caso es la esencia de trementina, que se extrae por arrastre con vapor de agua de la resina de los pinos (*Pinus* spp.). Este proceso suele ser una actividad secundaria a la explotación forestal de estas especies, que se utilizan principalmente para la producción de madera o para la elaboración de papel. Algo similar ocurre con las esencias de eucalipto, extraídas de distintas especies (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus citriodora* son las especies más importantes) normalmente cultivadas para otros fines (madera, fibra para elaborar papel, producción de etanol a partir de la lignina, para obtener sombra o protección contra vientos en cultivos, etc.).

En otros casos, las plantas aromáticas son explotadas e industrializadas bajo procedimientos y con objetivos muy particulares. Ejemplo de esto es el lúpulo (*Humulus lupulus*), especie aromática cultivada casi exclusivamente para la elaboración de la cerveza, o la mostaza (*Sinapis alba*, *Brassica* spp), cuyas producciones suelen ser captadas utilizando el sistema de contratos de riesgo compartido, por la industria alimenticia que la utiliza para la elaboración de salsas, mayonesas, curry, etc.

La agroindustria dedicada exclusivamente a la obtención de esencias tiene una serie de particularidades que merecen destacarse. Entre sus principales ventajas pueden citarse:

• Además de la planta aromática a extraer, los únicos insumos necesarios son agua y combustible. Incluso suele usarse muchas veces el mismo material vegetal ya extraído como aporte de combustible alternativo. Esta característica simplifica el manejo administrativo de la agroindustria y la ingeniería del proceso, a la vez que reduce los costos.
• Aunque existen en la actualidad algunas tecnologías innovadoras para mejorar el proceso extractivo, tradicionalmente el método más difundido es la destilación por arrastre con vapor de agua, método sumamente económico conocido desde hace más de tres siglos y que se sigue utilizando con singular éxito en la mayoría de los casos.
• La necesidad de mano de obra es muy reducida, y a su vez no es necesaria que sea calificada.
• Es una industria con muy escasa generación de desechos industriales, pues como ya se explicó el material agotado puede ser reutilizado como combustible, aprovechado como alimento para el ganado o como abono.
• Por último, el factor más trascendente es el valor agregado que se puede acumular comercializando una esencia en vez del material vegetal como tal. Como ya se dijo esto no es siempre válido, e incluso en un nuevo emprendimiento puede ocurrir una relación inversa en los primeros años, pero lo importante es poder identificar los casos concretos donde se observe esta ventaja.

Entre sus desventajas conviene saber que los aceites esenciales son productos agroindustriales no tradicionales, lo que supone un mercado limitado y con serias restricciones en cuanto al acceso a las fuentes de información por un lado y a las fuentes de consumo, por el otro.

La industria más relevante en cuanto a demanda de calidad y cantidad es la industria de sabores y fragancias. Dada la alta especificidad de esta actividad y su dependencia con la moda, sus exigencias suelen ser muy estrictas, y muchas veces singularizadas a cada cliente y a cada oportunidad. Esto exige un contacto previo con el comprador para acordar: calidad, cantidad y precio. Además la calidad depende en gran parte del material vegetal original empleado, y a su vez hace que la obtención de este material pueda ser muy difícil o reservado, pues su disponibilidad representa una de las más importantes ventajas competitivas en el sector.

Es una producción que puede presentar fuertes fluctuaciones de precio. Esto se debe a diversos factores, entre los que se pueden citar algunos temporarios, ocasionales, ingobernables o imprevisibles, en función de:

• fenómenos climáticos: cambios climáticos, catástrofes: sequías, inundaciones,
• fenómenos políticos: restricciones aduaneras, impuestos internos, subvenciones a la producción, promociones especiales,
• sfenómenos económicos y mercadotécnicos: sobreproducción internacional (un caso típico en esta industria es la oferta de la producción china de algunas especies: citronela, menta japonesa, geranio, alcanfor, etc.), aparición de nuevos productos competitivos, materias primas reemplazantes (un ejemplo fue la introducción de la esencia de Litsea cubeba en reemplazo del lemongrass, pues se ofrecía un producto con mayor rendimiento de citral, y con una nota aromática más limpia o netamente cítrica, menos herbácea o dulce que en el lemongrass). Modas, restricciones de uso, merma de la demanda, competencia con productos sintéticos, aumento de precios o demandas en cultivos tradicionales. Las variaciones en el valor del café, la banana o el tabaco en años pasados hicieron que muchos productores de la región latinoamericana abandonaran reiteradamente sus esfuerzos en estos cultivos y aprovecharan temporariamente otras alternativas, como las aromáticas.

Esta dedicación parcial y temporaria suele tener efectos muy negativos tanto para el productor como para el mercado en general. La abrupta presencia de nuevos y esporádicos oferentes desestabiliza los precios regionales y a veces hasta los internacionales, y plantea un mayor riesgo en cuanto a calidades. Estas prácticas comerciales desprestigian a determinados productores, pero a veces determina que toda una región sea identificada como de alto riesgo por la reiteración de casos similares. Las dos consecuencias lógicas de este accionar son el desinterés por producir en la región por parte de otros productores, y la desconfianza de usar dicha región como proveedora por parte del mercado. Estas dos consecuencias, que se han dado en varias oportunidades en la región latinoamericana, dificultan la concreción de un nuevo emprendimiento, aún cuando sus objetivos sean claros a largo plazo. Sobrellevar esta categorización y reconvertirla es uno de las primeras y más trascendentes etapas por la que deben pasar casi todos los nuevos productores en la región. En la medida que su gestión genere confianza en el mercado en cuanto a calidad y a sustentabilidad de la oferta, el éxito del emprendimiento se irá fortificando

La industria esenciera plantea una producción temporal intensiva, lo que exige una capacidad de producción a veces exagerada, y que suele quedar improductiva en gran parte del año, si no se planifica una producción agrícola diversificada, o no se dispone de material ensilado.

Otro factor a tener en cuenta son los aspectos legales concernientes a una producción de aceites esenciales. Si bien estas reflexiones pueden ser muy distintas según el país, y hasta a veces según la región de un país, ameritan un especial interés para no generar conflictos reglamentarios, impositivos o jurisdiccionales. La principal cuestión a tener en cuenta es que en muchos países está controlada la explotación de destiladores, y en algunos casos se paga un impuesto por su uso.

Por ello es necesario denunciar la tenencia, características y/o ubicación de los mismos.

Muchas veces esta exigencia está restringida a determinadas capacidades de producción, por ejemplo para equipos con una capacidad de destilación mayor a un galón por hora o a extractores mayores de 50 litros de capacidad. En algunos países se exige que los destiladores sean fijos, es decir que no puedan moverse sin previo aviso a las autoridades competentes para explotar la biomasa de un área extensa o la oferta de varios productores cercanos. También suelen existir reglamentaciones especiales para la operación de calderas, tanto de seguridad como de idoneidad del personal involucrado. Por último, y aunque en este tipo de industria los efluentes o desechos son mínimos, deben tenerse en cuenta los controles ambientales o ecológicos que cada vez son más exigentes en muchos países de nuestro continente.

En cuanto a los aceites esenciales, las normas existentes varían según el uso que se le dará. Para uso medicinal se deben regir por las Farmacopeas Nacionales o regionales, que tienen fuerza de ley en cada país. Para los usos cosméticos y alimenticios existen leyes nacionales que determinan qué esencias no deben usarse y cuáles tienen un límite de dosificación en el producto terminado. En el caso de los alimentos, se usan los Códigos Alimentarios, siendo el más universalmente empleado el Food Chemical Codex de los EEUU de N. En el caso específico de la industria de sabores y fragancias, existen las normas IFRA/IOFI, que también determinan qué esencias no deben emplearse o cuáles tienen una limitación en cuanto a cantidad presente en el producto terminado. Es importante resaltar que, si bien las reglamentaciones nacionales, Farmacopeas y Códigos son obligatorios en cada uno de los países, por tener fuerza de ley, las normas como las de IFRA/IOFI, o las nacionales como las AFNOR (Francia), IRAM-SAIPA (Argentina) e ISO (internacionales) son solamente opcionales, y dependerá del comprador de la esencia cuál usar. Muchas veces suelen emplear normas propias o targets de calidad que en el caso de las grandes empresas del ramo tienen mayores exigencias o menores rangos de variabilidad que las normas públicas.

Para las esencias usadas en aromaterapia, algunos países, como Francia y Canadá, tienen reglamentaciones específicas en cuanto a la correcta caracterización de la toxicidad e inocuidad de su uso. Los ensayos más requeridos para determinar la seguridad de un aceite esencial son: conocer la toxicidad aguda (DL50), y si son fotosensibilizantes, irritantes dérmicos o de las mucosas y ojos, y si pueden producir efectos fisiológicos no deseables por absorción cutánea o inhalación.

Como todo emprendimiento agroindustrial orientado hacia un fin comercial, éste también encierra el riesgo de sobreponer en su ejecución el valor mercantil al costo social y/o ecológico. Se debe advertir este riesgo, si la planta aromática utilizada no es de cultivo sino obtenida de material silvestre. El irrestricto acopio de material silvestre que se hace en nuestra región para usos varios, pero fundamentalmente para su aprovechamiento en la medicina herbaria popular o por la industria de la madera, causa un continuo e irreversible exterminio de nuestras riquezas naturales. Esta llamada de alerta es una política absolutamente válida, considerando el deterioro ecológico que puede generar esta práctica. La demanda del mercado obliga a encontrar vías alternativas de acopio, porque de lo contrario, la necesidad de satisfacer a la industria produciría una reducción drástica de las fuentes naturales, luego un incremento de precios y una cada vez más sofisticada búsqueda de productos sustitutivos o adulterantes.

Por estas razones es que se deben considerar dos etapas en todos los Proyectos de aprovechamiento sistemático de recursos vegetales silvestres, que debieran ser prioritarios a la hora de coordinar las tareas a ejecutar y que muchas veces se omiten. La primera es la conservación de la riqueza genética, y la segunda la domesticación de las especies silvestres y el conocimiento de sus prácticas de cultivo.

Si se quiere conservar la flora autóctona, se la deberá conocer primero. Y conocerla no significa solamente describir su biodiversidad, si no también caracterizar su valor como fuente de productos útiles para el hombre y su entorno: alimentos, medicamentos, materias primas indus-

triales, fibras, generadoras de biomasa, colorantes, fragancias, maderas, combustibles, gomas, mucílagos y polímeros con propiedades medicinales, adhesivas, cosméticas, etc. El conocimiento del valor económico de cada especie contribuirá a encontrar los mecanismos necesarios para mantener el clon y facilitar su multiplicación por un lado, y a reconocer la variabilidad genética por el otro. Los bancos de germoplasma y las reservas florísticas regionales surgen así como el mecanismo idóneo para conservar por un lado, y aprovechar por el otro a cada especie. Se pretende en definitiva mantener la riqueza florística sin menospreciar su importancia como fuente de materias primas: conservar y no preservar. La tendencia actual es no solamente conservar la flora sino también el entorno cultural y el biota donde se desarrolla. Esta concepción abarcativa del entorno y su relación con la actividad humana, prioriza una práctica de conservación in situ, más que el sustento de colecciones de materiales ex situ.

Principales fuentes de información bibliográfica

La siguiente es una selección de las citas más comunes referidas al tema de este libro y que complementan a la bibliografía general de esta obra. Muchas de ellas podrán servir al lector para iniciarse en el tema. Otras, como las revistas y las bases de datos citadas, permiten estar actualizado sobre diversos aspectos de las plantas aromáticas, desde su manejo agrícola, hasta su composición química, usos, mercados y aspectos particulares de sus propiedades farmacológicas, organolépticas o de calidad.

- Guenther, Ernest. The Essential Oils. Ed. Krieger Publ. Co, Florida. (1948/51) 6 tomos. Reedición de 1972.
- Gildemeister E. y F. Hoffmann. Die Eterrischen Öle. (1928/31). 6 tomos. Reedición 1956 en francés.
- Arctander, Stefen. Perfume and flavour materials of natural origin. Ed. Allured Publ. (1960).
- Fenaroli, Giovanni. La Sostanze Aromatichi. I. Sostanze Aromatiche Naturali.(1963).Ed. Hoepli. Nueva edición en inglés (1971)(Ed. CRC) en 2 tomos.
- Pruthi, J.S. Spices and Condiments. (1980). Academic Press.
- Formacek, V. y K.H. Kubeczka. Essential oil Analysis. Ed. J. Wiley (1982).
- Lawrence, Brian. The Essential Oils.5 tomos. (1976/78) (1979/80) (1981/87) (1988/91) (1992/94). Ed. Allured Publishing, Illinois.
- Lawrence, B.M. (1985).Uncommon Essential Oils as Sources of Common Natural Aroma Chemicals. Perfum. Flav. 10:45-58.
- Lawrence, B.M. (1992). Essential Oils as Sources of Natural Aroma Chemicals. Perfum. Flav. 17:15-28.
- Joulain, D. Investigating New Essential Oils: Rationale, results and Limitations. Perfum. Flav. 21:1-10.
- Denny, E.F.K. Field Distillation for Herbaceous Oils. (1990) Ed. del autor.
- Srinivas, S.R. Atlas of essential oils (1986). Ed. Anadams, New York.
- Sandra, P. y C. Bicchi. Capillary Gas chromatography in Essential Oils Analysis. (1987). Ed. Huethig.
- Jennings, W. y T. Shibamoto. Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. (1980) Ed. Academic Press.
- Fragrance Material Association (USA). FMA Specifications and Standards. nueva edición 1991.
- Muñoz López, F. Plantas Medicinales y Aromáticas. Estudio, cultivo y procesado. (1987). Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

- Montes, A.L. (1961). Analítica de los Productos Aromáticos. Ed. INTA, Buenos Aires, 555 pp.
- ISO- Normas internacionales de aceites esenciales y plantas aromáticas. En Internet: www.iso.ch
- IRAM-SAIPA. Normas de aceites esenciales. Argentina.
- AFNOR- Normas de aceites esenciales, Francia
- IFRA- International Fragrance Association. Code of Practice. Actualizado periódicamente.
- Farmacopeas: como las de Francia, de la Unión Europea, Británica, etc.
- Farmacopeas Herbarias, como la italiana y la británica.
- Códigos Alimentarios, como el Food Chemical Codex (EEUU de N.).
- Proceedings o Libros de Resúmenes de Congresos Regionales o Internacionales de aceites esenciales. Los Congresos Internacionales editados son: Brasil-5º (1971), California-6º (1974), Japón-7º (1977), Francia-8º (1980), Singapur-9º (1983), Washington-10º (1986), Nueva Delhi-11º (1989), Viena-12º (1992), etc.

Revistas especializadas:

- Perfumery & Flavorist;
- Parfums & Cosmetiques;
- Rivista italiana EPPOS;
- Journal of Essential Oil Research;
- Flavour and Fragrance Journal;
- Parfumerie und Kosmetik,
- Essenze e Derivati Agrumari;
- Journal of Agricultural and Food Chemistry;
- Journal of Herbal, Spices and Medicinal Plants;
- Journal of Essential Oil Bearing plants (India);
- Cosmetic World News;
- Cosmetic and Toiletries;
- Indian Perfumery;
- Planta Medica;
- Seifen, Öle, Fette und Wasche;
- Phytochemistry;
- Drug and Cosmetic Industry;
- Chemical Marketing Report;
- Journal of Medicinal and Aromatic Plants (India);
- Economic Botany;
- Fitoterapia

En Argentina se han realizado en los últimos 20 años Congresos Nacionales de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales, organizados por la Sociedad Argentina para la Investigación de Productos Aromáticos - SAIPA. Esta institución, una organización no gubernamental sin fines de lucro, viene publicando periódicamente los trabajos presentados en dichos Congresos a través de su revista Anales de SAIPA, una de las pocas fuentes de información regional dedicada a la producción, análisis e investigación de plantas aromáticas y medicinales. SAIPA también auspicia y contribuye con la información publicada en Prensa Aromática, diario de salida trimestral con información general sobre el área de las plantas aromáticas y aceites esenciales.

Otras publicaciones editadas en Sudamérica que pueden esporádicamente aportar infor-

mación sobre este tema son: Rojasiana (Paraguay); Caderno de Farmacognosia y Revista de Farmacia e Bioquímica de la Universidade de Sao Paulo (Brasil); Boletín de la Sociedad Química de Perú; Ingeniería y Ciencia Química (Costa Rica); Revista Colombiana de Química; Acta farmacéutica bonaerense, Dominguezia y Anales de la Asociación Química Argentina (Argentina).

Otras fuentes:

• Chemical Abstracts- Section Essential Oils. (Chemical Titles)
• USDA- The Market News Service. USDA-FAS: Trade of Essential oils.
• Review of Aromatic and Medicinal Plants. CAB International.
• Current Contents- Life Science.
• Dictionary of Terpenes y Dictionary of Natural Products. Ed. Chapman Hall
• Bases de datos MEDLINE, AGRICOLA.
• Estadísticas nacionales y aduaneras de cada país: Boletines de importación / exportación.

Capitulo II

Los aceites esenciales

Definición

Nuevamente nos encontramos con la dificultad de encontrar una unívoca descripción de este concepto. Si bien existen numerosas definiciones, algunas desde el punto de vista químico, otras desde la perspectiva del botánico, y aún otras desde el punto de vista industrial, ninguna de ellas abarca en su totalidad a todas las esencias. Como una forma de generalizar al máximo este término, y tratando de no confundir conceptos, definiremos a un aceite esencial o esencia (ambos términos los consideraremos sinónimos) como una **parte del metabolismo de un vegetal, compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes, la mayoría de ellos volátiles, y generan en conjunto el olor de dicho vegetal**. Iremos desglosando esta definición para comprenderla mejor y ver sus excepciones.

Parte de metabolismo de una planta: Este es el concepto más importante a tener en cuenta, cuando se va a trabajar con esencias. Cuando se habla de un alcaloide, de un flavonoide o de un azúcar, se está mencionando un producto puro, químicamente definido, con una fórmula característica. Pero cuando se habla de una esencia, igual que un aceite fijo o un resinoide, debe tenerse presente que se está mencionando una mezcla de productos, aislados en una proporción y con una composición muy variable, dependiendo esto de una serie muy grande de factores que se verán más adelante en detalle. Es decir que casi siempre no es uno el metabolito que compone la esencia, sino una combinación de metabolitos que tienen alguna particularidad en común. Esta particularidad generalmente es que son productos volátiles en condiciones normales, o por lo menos con una presión de vapor significativa por debajo de los 150ºC. Pero también pueden tener en común no su volatilidad, sino su solubilidad en determinado disolvente.

La característica que le da unicidad a la composición de una esencia es su método de obtención. Una esencia de naranja es todo lo liposoluble que se volatiliza a menos de 120ºC, o todo lo que es liposoluble y proviene de su epicarpio. Ambas son esencias de naranja, ambas son parte del metabolismo de la fruta del naranjo, pero tienen entre sí diferencias notables de composición química, debido al distinto método de obtención utilizado.

Otro concepto que debe tenerse en cuenta es que, siendo una parte del metabolismo de una planta, la composición química de una esencia está permanentemente variando, modificándose las proporciones de sus constituyentes o transformándose unos constituyentes en otros, según la parte de la planta, el momento de su desarrollo, o el momento del día. Más aún, debe tenerse en cuenta que dada su normalmente compleja composición, presenta una alta probabilidad de sufrir modificaciones fisicoquímicas por reacciones entre sus propios constituyentes o entre éstos y el medio (la luz, la temperatura, presencia de enzimas, los componentes del reservorio don-

de se almacena la esencia, etc.).

En resumen, es evidente que una esencia está en permanente cambio, no solamente mientras forma parte del metabolismo de la planta, también después de extraída. Esto habla de una estabilidad reducida y de un proceso de transformación continuo, que genera tres etapas en la vida de una esencia: la de maduración o añejamiento, la de estabilidad o vida útil, y la de descomposición o enranciamiento. Cada esencia tiene distintos tiempos para cada etapa. Inclusive según el caso, la etapa intermedia, donde se considera que los cambios habidos no modifican significativamente la calidad de la misma, puede tener una tendencia positiva o negativa. En una lavanda por ejemplo, se observa una permanente maduración hacia nota olfativas cada vez más redondas y resinosas, haciéndose más agradable o natural. Mientras que una esencia cítrica, continuamente se va oxidando, detectándose cada vez más notas amargas o grasas, típicas de la transformación de los aldehidos (citral, decanal, nonanal, etc.) en sus respectivos ácidos o cetonas.

...compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes: Como parte del intrincado metabolismo de una planta, las esencias abarcan una gama muy variada de constituyentes. Normalmente asociados a los mono y sesquiterpenos, aparecen también en su composición ésteres, alcoholes, aldehidos, cetonas, acetales, fenoles, glicósidos, ceras, hidrocarburos lineales, ácidos grasos, alcaloides, cumarinas, esteroides, y una cada vez más heterogénea variedad de compuestos heterocíclicos, a medida que se avanza en el conocimiento de su composición. Esta riqueza estructural se acrecienta aún más si se considera la reconocida especificidad isomérica en toda biosíntesis natural, es decir la capacidad que tiene la naturaleza para producir estructuras químicas con una conformación espacial particular, algo mucho más complejo de lograr por síntesis químicas tradicionales.

Es característico de las esencias la presencia de terpenos, fundamentalmente mono (diez carbonos) y sesquiterpenos (quince carbonos). Sin embargo, conviene saber que así como existen esencias compuestas exclusivamente por terpenos (la trementina es una), existen esencias que prácticamente carecen de ellos (la esencia de almendras, por ejemplo), y están compuestos por derivados bencénicos, fenoles (esencia de clavo) ésteres e hidrocarburos lineales (esencias de frutas), o hasta por componentes difícilmente relacionables con las esencias, como alcaloides (Thomas y col. 1992), glicósidos y una gran variedad de compuestos heterocíclicos como derivados piridínicos, pirazínicos, sulfuros, aminas, etc.

Debido a esta complejidad en su composición, es aconsejable hacer una discriminación entre los compuestos contenidos en una esencia. Se habla entonces de compuestos **mayoritarios**, cuando están en la esencia en una proporción mayor al 1 o 0.5%, y los **minoritarios**, que en algunos casos pueden contarse por centenares, como en las esencias de flores (jazmín, rosa, inmortelle, tuberosa).

Esta clasificación de los constituyentes en función del contenido presente en cada esencia es fundamental tanto para determinar una calidad de esencia, como para precisar sus características organolépticas o sus efectos fisiológicos. En muchos casos las notas olfativas características de las esencias están dadas por los componentes minoritarios y no por los principales: petit grain, gálbano, rosa, mandarina, naranja. Para más ejemplos sobre la importancia de estos componentes, ver las referencias: Ohloff (1977), Mookherjee (1992), Boelens (1996).

Lo mismo ocurre con los efectos sobre los seres vivos, por lo que las aplicaciones en terapéutica, industria o en aromacología, pueden ser debido a la presencia de componentes minoritarios: el efecto rubefaciente de la trementina, por su contenido de Δ–3-careno, o el acorde cálido y animal que le otorgan trazas de indol al jazmín.

También es importante tener en cuenta que en algunas plantas los terpenos no están libres, sino que están unidos químicamente a azúcares, formando los llamados glicósidos o heterósidos. Es importante conocer esta particularidad para optimizar la técnica de extracción de estas esencias, pues de-

berá favorecerse una hidrólisis previa de estos glicósidos para lograr un buen rendimiento de esencia.

En cuanto a los compuestos heterocíclicos, conviene recordar que sus solubilidades pueden alterar la calidad de una esencia, pues dependiendo del pH del medio extractivo, o de la temperatura utilizada, estos compuestos permanecerán en la esencia o podrán eliminarse en las aguas residuales del proceso extractivo, que normalmente tienen un resto de acidez producido por los ácidos presentes en las plantas o por descomposición de otros metabolitos como los aminoácidos o azúcares.

No existe casi un aceite esencial del cual se conozca en forma absoluta su composición química. Todo depende del grado de sensibilidad con que se lo haya analizado. Algunas esencias tan conocidas como las cítricas, siguen siendo fuentes de nuevos compuestos, a medida que se toman mayores cantidades de muestras y se analizan las fracciones con mayor sensibilidad de detección. La cromatografía en fase gaseosa fue una herramienta analítica que amplió exponencialmente el horizonte conocido de sus componentes. Luego vino la cromatografía en fase gaseosa acoplada al espectrómetro de masas, y más tarde se acopló al detector de emisión atómica, y seguirán apareciendo cada vez más sofisticados y sensibles sistemas que nos darán cada vez mayor información.

En la figura 1 se describen los adelantos logrados a través de este siglo en el conocimiento de la esencia de rosa búlgara, según Ohloff. (1990). Se detallan los principales componentes en función de su influencia sobre el olor de la flor, y en qué años se encontraron. Aún en nuestros días, y a pesar de conocerse casi el 90% de esta esencia, no se ha podido lograr el conocimiento cabal de los componentes preponderantes en su olor, y una esencia de rosa natural sigue siendo insustituible por su calidad olfativa.

Constituyente	% en esencia	Detectado en	% conocido
Parafinas C14 – C23	16.0	1870	16.0
(-) citronelol	38.0	1894	54.0
Geraniol	14.0	1894	68.0
(-) linalol	1.5	1900	69.4
Nerol	7.0	1904	76.4
Alcohol feniletílico	2.8	1903	79.2
Metil eugenol	2.4	1949	82.6
Eugenol	1.2		83.8
Farnesol	1.2		85.0
(-) óxido de rosa	0.5	1959	85.5
(-) carvona	0.4		85.9
-damascenona	0.1	1970	86.2
-ionona	0.03		86.3

Figura 1: Historia de las detecciones de los principales componentes aromáticos de la esencia de rosa búlgara (Ohlloff 1990).

Analizaremos en detalle otro ejemplo publicado recientemente en la bibliografía, para comprender hasta qué punto se complica el análisis de un aceite esencial. La esencia de naranja es el aceite esencial de mayor producción internacional (aproximadamente unas 30.000 tn/año), utilizado fundamentalmente por la industria de bebidas analcohólicas. Es fácil suponer que existen innumerables trabajos detallando la composición química de la esencia de naranja. Pero aún en nuestros días se siguen aislando nuevos constituyentes. El trabajo a que nos referimos identifi-

có varios alcaloides de núcleo alquil piridínico, en una fracción ácida. El sabor de uno de éstos, la 3-hexil piridina, es detectable al paladar hasta en una dilución de 0.28 ppb en agua, lo que la hace una de las sustancias más poderosas desde el punto de vista saborizante de la esencia de naranja. Pero lo más destacable de este trabajo es que esta sustancia pudo ser detectada en una concentración de 20 ppb, fraccionando una muestra de 100 kg de esencia de cáscara de naranja de Florida, y analizando una subfracción de apenas 8 mg, donde de los diez compuestos detectados, éste era el mayoritario! (Maurer, y col. (1994).

...la mayoría de ellos volátiles: Aunque es lo que ocurre en casi todas las esencias, existen también excepciones a esto. Por ejemplo es frecuente la presencia de lípidos en esencias de flores, debido a que se utilizan para su extracción disolventes no polares, los que disuelven la parte lipídica de la planta. Lo mismo ocurre con las esencias cítricas extraídas por expresión o raspado, donde la parte liposoluble de los frutos se disuelven en la esencia, una vez que ésta es separada de la fase acuosa. También debe considerarse que cuando los terpenos están glicosidados (químicamente unidos a azúcares), éstos no son volátiles a temperaturas normales, y sólo son extraídos después de hidrolizarlos.

...y generan en conjunto el olor de dicho vegetal: Si bien esto pareciera evidente, pues estamos hablando de los productos volátiles que tiene una planta aromática, en la práctica se observan discrepancias muy grandes que es importante destacar. El olor que tiene una planta viva no es el mismo que el de su esencia aislada. Esto se debe a muchos factores, pero los más importantes son:

a- volatilidad y solubilidad: Para poder oler en una planta los productos aromáticos pesados habría que dejar secar la planta para eliminar los más livianos. Como esto no ocurre normalmente, la presencia de los más volátiles enmascara continuamente a los constituyentes aromáticos pesados. Cosa que no ocurre si se huele la esencia pura: a medida que se van evaporando las fracciones más livianas, se van detectando los componentes más pesados. Por otro lado los productos con alta volatilidad suelen perderse durante los procesos extractivos, sobre todo cuando se utiliza la destilación por arrastre con vapor de agua. En estos casos algunos constituyentes, como el cis-3-hexenol, un alcohol con un potente olor a pasto recién cortado y presente en innumerables especies vegetales, suele desaparecer, o solamente es extraído en trazas, por la temperatura alcanzada en una destilación con vapor de agua. Además debiera tenerse en cuenta que, cuando se obtiene una esencia por arrastre con vapor, algunos compuestos quedan parcialmente retenidos en la fase acuosa, como ocurre con el alcohol feniletílico en la esencia de rosa, o con algunos ácidos y ésteres livianos.

b- factores metabólicos: Una vez que la planta es cosechada para ser extraída, el metabolismo de la misma no permanece inalterado o estático, sino que continúa evolucionando en la medida que no se le elimine la mayor cantidad de agua, lo que finalmente inhibe los procesos enzimáticos. Se ha demostrado experimentalmente que no es igual el olor de una flor en un pie vivo de una planta, que la misma flor ya cortada (Brunke y col. 1993). El aroma tan agradable de una flor de manzanilla alemana (*Matricaria recutita*), casi desaparece por completo en la esencia obtenida por arrastre con vapor. Una vez que se extrajo la esencia, recién entonces el metabolismo queda como congelado, lográndose una relativa estabilidad en la calidad olfativa del producto. Sin embargo se dice relativa estabilidad, porque, como ya se explicó, se produce una permanente transformación de su composición, algunas veces deseada, muchas otras indeseables.

c- ubicación en tejidos: En función de lo antedicho, que cada parte de la planta puede tener una

esencia distinta en su calidad olfativa, parece lógico pensar que puede existir una esencia en las partes más externas de la planta, las que olemos, y otra esencia en las partes más internas, que no podemos oler, pero cuando son extraídas, se mezclan y producen un aroma distinto del detectado en la planta viva. Más aún, se ha visto por ejemplo que en las mentas las hojas basales, que no reciben tanta luz como las apicales, tienen un contenido de terpenos oxigenados (mentona y acetato de mentilo) distinto a las hojas superiores, mucho más soleadas. Obviamente estas distintas composiciones se manifiestan con sus distintos aromas.

En forma sucinta se puede decir que un aceite esencial, por definición, es un producto volátil y por lo tanto de uso extemporáneo, de composición química extremadamente compleja, y con una enorme variabilidad en lo que se refiere a su calidad, propiedades y estabilidad, cualidades comunes a muchos productos naturales.

Propiedades fisicoquímicas destacables

Las más importantes ya fueron citadas a través de varios párrafos anteriores, como su volatilidad, su inestabilidad ante la luz y del oxígeno, ante la presencia de oxidantes, reductores, medios con pH extremos, o trazas de metales que pueden catalizar reacciones de descomposición, etc. Esta inestabilidad, que resulta en un problema para la conservación o formulación de las esencias, puede ser un factor interesante cuando se trata de utilizarlas para la semisíntesis química, pues una molécula inestable es una molécula reactiva, y solamente es necesario fijar las condiciones para poder aprovechar esta reactividad química de los productos aromáticos y orientar su transformación hacia productos deseables.

Otra propiedad destacable de los constituyentes de una esencia es sus variabilidades estructurales, lo que permite generar por semisíntesis estructuras novedosas. En cuanto a sus solubilidades, tienen la particularidad de que, si bien son solubles en medio no polar (son más liposolubles cuanto mayor contenido de monoterpenos tengan), también suelen tener una alta solubilidad en etanol, lo que es ampliamente explotado en la elaboración de fragancias y extractos hidroalcohólicos para las industrias farmacéutica y cosmética. Para estos fines también suelen aprovecharse sus solubilidades en agua: agua de rosas, de azahar.

Los aceites esenciales refractan la luz polarizada, propiedad que es usada para su control de pureza, pues tienen por ello un índice de refracción característico. También presentan un poder rotatorio característico, en razón de que poseen en su composición numerosos productos ópticamente activos. Poseen una densidad normalmente menor que la del agua, excepto algunas esencias como la de clavo, y en general son líquidos (la esencia de palo santo: *Bulnesia sarmientoi*, es una excepción) traslúcidos y amarillentos o pardo amarillento (algunas esencias poseen un color muy particular, como el azul de la manzanilla alemana (*Matricaria recutita*, o el verde de la bergamota).

Calidades

En una sección anterior se describieron los principales factores que influyen sobre la calidad de las plantas aromáticas. Hablando específicamente de las esencias obtenidas de estas plantas, todas las particularidades descriptas son nuevamente válidas, pero deben aquí agregarse los factores relacionados con el proceso extractivo.

En primer lugar debe tenerse en cuenta que un cambio de escala en los procesos de ex-

tracción puede significar una modificación en la calidad de la esencia. Algunos de los factores que producen estos cambios son: la falta de homogeneidad en el calentamiento, el tiempo de humectación previo a la destilación misma, la velocidad de agitación, la utilización de distintos materiales como reservorios: vidrio o metales, que pueden reaccionar con las esencias, el grado de compactación del material extraído, el pH del agua, etc. Y por este motivo deben analizarse con cautela los ensayos en escala de laboratorio. Resulta imprescindible la mayoría de las veces utilizar una escala piloto o intermedia, donde muchos de estos parámetros pueden ser más representativos de un proceso industrial normal, y por lo tanto son mejor evaluados desde el punto de vista tanto de la ingeniería del proceso como en la evaluación analítica del producto obtenido.

Pero aún así existen otras variables propias del proceso extractivo, que repercuten ostensiblemente sobre la calidad del producto obtenido. Por ejemplo debe contemplarse el orden de salida de los componentes importantes de la esencia. Ya se dijo que no todos los componentes de una esencia tienen el mismo valor comercial y, considerando que en una destilación no salen todos simultáneamente, sino que existe un determinado orden de extracción (en función de sus solubilidades en agua o de sus volatilidades), puede utilizarse esta particularidad para mejorar la calidad de la esencia. Se ha publicado con gran detalle para el coriandro por ejemplo, cómo influyen el grado de molienda del grano, la agitación, la densidad de carga y el tiempo de destilación en la calidad de la esencia obtenida (Perineau y col., 1991; Smallfield y col., 2001). En el caso de la alcaravea y el comino por ejemplo, se extraen primero la carvona y el cuminaldehido antes que los terpenos, porque algunos de éstos están presentes en el vegetal como glicósidos, es decir que están unidos a moléculas azucaradas. Esto hace más difícil extraerlos sin previa hidrólisis o macerado en agua, pues son estructuras con un alto punto de ebullición. Estos terpenos aumentan el rendimiento, pero bajan la calidad: pueden producir ácidos libres, lo que bajaría el pH del medio y podría favorecer la hidrólisis de otros compuestos. Para optimizar el proceso según la esencia deseable, conviene realizar primero ensayos fraccionando el destilado en las primeras fabricaciones y analizar cada fracción. Por análisis de cada porción se podrá conocer qué partición hacer entre las fracciones y así se optimizará la calidad del producto final.

Otros parámetros que deben controlarse en forma imprescindible para homogeneizar la calidad son: el diseño del equipo extractor (tipo de dispersores de vapor, capacidad y forma del extractor y del cabezal del mismo, material de construcción, etc.), la homogeneidad, dureza y grado de compactación del producto, la granulometría y humedad residual del material vegetal que se carga, la forma de carga y descarga del material, el volumen de carga de cada extractor y la cantidad de agua introducida, la presión de vapor empleada, el tiempo de destilación, y la necesidad o no de agitación. Si bien la destilación por arrastre con vapor es una técnica muy sencilla, debe ser realizada por operarios experimentados, debida cuenta de la numerosas variables que involucra.

Procesamientos industriales

Las esencias que se ofrecen en el mercado, pueden ser sometidas a una serie de procesos industriales con el objeto de mejorar sus características organolépticas, concentrar sus componentes útiles, facilitar su procesamiento industrial, o simplemente homogeneizar su calidad. Los tratamientos más comúnmente utilizados son:

• Rectificación: Es el proceso más común: consiste en fraccionar mediante una columna de rectificación el aceite esencial, obteniéndose porciones que son analizadas individualmente. Aquéllas que tengan una misma calidad se juntan. Normalmente un aceite esencial se fracciona

en tres partes: la cabeza o fracciones livianas, el corazón o parte media de la esencia, y las fracciones más pesadas. Esto se hace para eliminar productos no deseables que aparecen durante el proceso de extracción, por descomposición térmica del material vegetal, y que se eliminan en las primeras y últimas fracciones.

• Fraccionamiento: Es similar a la rectificación, pero en este caso se hace una partición más específica, en función de la composición de la esencia. Por ejemplo los aceites esenciales ricos en citral son fraccionados por columna de rectificación, tratando de eliminar todos los componentes que acompañan al citral. Se puede así partir de una esencia que contenga 65 a 70% de citral, y lograr un citral de 90 o 97% de pureza.

• Desterpenado: Las esencias cítricas poseen un muy alto porcentaje de monoterpenos, principalmente limoneno. La solubilidad de las esencias en agua o en soluciones hidroalcohólicas es inversamente proporcional a su contenido en monoterpenos. Por lo tanto, para permitir una fácil disolución de las esencias cítricas en medios acuosos, deben procesarse previamente para eliminar estos monoterpenos. Se aprovecha además el hecho de que las características organolépticas de las esencias cítricas no provienen de sus monoterpenos sino de la porción restante. De esta manera, reduciendo drásticamente el contenido de monoterpenos se logra un doble propósito: facilitar la solubilidad y por ende la manipulación de estas esencias en formulaciones acuosas por un lado, y concentrar el olor y el sabor de las mismas, lo que redunda en un mejor aprovechamiento de sus propiedades organolépticas. Existen diversas técnicas para el desterpenado, pero las más comunes son por intercambio entre dos disolventes, con una columna de destilación molecular, o por extracción con fluidos supercríticos.

• Descerado: Las esencias cítricas presentan otro problema: cuando son extraídas en medio frío por expresión, y no por arrastre con vapor, contienen además de la fracción volátil terpénica, otros compuestos que son disueltos en la esencia misma, como las ceras del epicarpio de los frutos. Estas ceras pueden aportar una cierta fijación al olor de los cítricos agregados en una fragancia. Sin embargo tienen el inconveniente de ser muy poco solubles, por lo que suelen precipitar. Para evitar esto las esencias cítricas obtenidas por expresión pueden descerarse, lo que normalmente se realiza por simple enfriamiento, (a temperatura ambiente o menor son sustancias sólidas o semisólidas), facilitando su precipitación. Finalmente se filtran.

• Filtración: muchos aceites esenciales crudos contienen impurezas, como partes de plantas, insectos, restos de agua, sedimentos de las paredes de los envases empleados, etc. Para eliminarlos se realiza un filtrado, muchas veces con la ayuda de tierras filtrantes, o materiales que retienen el agua residual (sulfato de sodio anhidro, carbonato de magnesio, cloruro de calcio, etc.).

• Reacciones: Sin pretender hacer una verdadera síntesis de química fina a partir de una esencia, existen muchas reacciones químicas elementales que permiten obtener nuevos productos aromáticos, con mayor valor agregado, con notas olfativas más agradables, y sin necesidad de mucha tecnología o de costosos reactivos. Algunas de estas reacciones son:

• esterificación: Las esencias de cedro, vetiver y menta suelen utilizarse para producir los acetatos de los alcoholes presentes en las mismas. Para ello no se aíslan estos alcoholes (en algunos casos como en el vetiver resultaría sumamente engorroso, por la complejidad de la esencia, y porque existen decenas de alcoholes presentes) sino que se usa la esencia completa para la reacción.

• hidrogenación: En este caso lo que se pretende es pasar cetonas o aldehidos a los alcoholes correspondientes. Un caso típico es la hidrogenación de la esencia de citronela, para obtener geraniol y citronelol.

• hidratación: Aunque es un proceso un poco menos común (requiere la ayuda de catalizadores o medios específicos para la reacción), merece destacarse por la importancia

que tiene la hidratación de los pinenos en la esencia de trementina, como una primera etapa para la semisíntesis de innumerables sustancias aromáticas.

• Decoloración: Algunas esencias como las de patchuli, palo santo o clavo, tienen un color demasiado fuerte como para ser empleado en algunos productos, por lo que se los somete a una decoloración con ácido tartárico diluido, carbón activado o algún otro secuestrante. Es un proceso muy delicado porque muchas veces se eliminan simultáneamente compuestos presentes en trazas pero trascendentes para la definición de un buen perfil aromático. Por este motivo se usa cada vez más la destilación molecular, o destilación tipo flash, donde lo que se evapora se concentra rápidamente, evitando el recalentamiento prolongado y por lo tanto la descomposición de sustancias termolábiles. Se usa para obtener productos semejantes a los originales pero decolorados casi totalmente (patchuli, vetiver, algunos resinoides, etc.).

• Lavado: Es otra técnica muy sencilla para mejorar la calidad de algunas esencias crudas que pueden tener un olor desagradable debido a la presencia de ácidos y fenoles. Estos compuestos se forman por oxidación o hidrólisis de algunos metabolitos de las plantas, y suelen tener un fuerte olor a quemado, a rancio o medicamentoso. Son comunes por ejemplo cuando se destilan frutos y semillas ricas en materias de reserva: proteínas, mucílagos, azúcares, etc. Para eliminarlos basta con lavar la esencia con una solución de hidróxido de sodio al 1% o carbonato de sodio al 10%.

• Estandarización: No es un proceso industrial en sí. Surge como una necesidad de normalizar la calidad de un producto como las esencias, debido a su origen natural y a la infinidad de variables que modifican sus características. Para cumplir con las exigencias de la industria, cada partida de una esencia debería tener las mismas especificaciones, independientemente del año o época de cosecha. Para ello se pueden hacer mezclas de distintas calidades, o agregar compuestos presentes en la esencia para llegar a una calidad determinada. Estas esencias pueden considerarse aún como naturales, si los compuestos que se adicionan también lo son, pero debe tenerse mucho cuidado en esta caracterización, porque puede ser muy difícil identificar si los compuestos o las esencias agregadas a una natural, también lo son. Aunque pareciera un mero problema académico el determinar si una esencia es natural o no, desde el punto de vista comercial existen casos donde esta caracterización resulta crucial. No solamente por la diferencia en precio que puedan tener entre sí (por ejemplo un aceite esencial de rosa natural puede ser hasta 100 veces más caro que uno sintético), sino por otros motivos que hacen a su estabilidad o su destino comercial (por ejemplo en productos que deban cumplir normas religiosas kosher o halal).

• Aislamiento de productos específicos: Algunas esencias son comercializadas en grandes volúmenes para el aislamiento de alguno de sus componentes mayoritarios, como el eugenol de la esencia de clavo o el cedrol de las esencias de cedro. Estos aislamientos utilizan distintas técnicas específicas, como la diferencia de solubilidad o la extracción por modificaciones de pH en el caso de los fenoles. La cristalización, para separar constituyentes de algunas esencias que tengan un punto de fusión relativamente bajo, como el mentol. La esencia de menta japonesa, que normalmente posee un 60-70% de mentol, es empleada para aislar este compuesto por simple enfriamiento y posterior cristalización.

Aprovechamiento de los aceites esenciales en la química fina

Los aceites esenciales tienen dos grandes mercados. El primero está dado por sus características organolépticas, explotado primordialmente por la industria de sabores y fragancias. Y el segundo es el que se nutre de sus distintos componentes, aislados o no.

Son de los extractos naturales más complejos por su composición, pero son de los más fáci-

les de aislar o purificar, por su baja temperatura de ebullición. Si se consigue una planta con una esencia conteniendo pocos componentes mayoritarios, se dispone de un material fácilmente purificable, de relativa alta pureza y obtenido de una fuente renovable, y por lo tanto barata y disponible en cantidad suficiente. Estas características, sumadas a la alta variabilidad genotípica de las plantas aromáticas, hacen de los aceites esenciales una fuente ideal de materias primas para la industria.

Parece lógico pensar que muchos aceites esenciales sean el basamento de infinidad de perfumes y sabores conocidos. Tal vez no sea tan común conocer hasta qué punto estas esencias dan forma a un perfume, y hasta que punto puede existir una fuente de inspiración para nuevas notas olfativas o sápidas.

Recordemos que las esencias se usan en su gran mayoría por su olor y/o su sabor. Y los componentes responsables de estas propiedades organolépticas no siempre son los que están presentes en gran proporción. En la figura 2 se detallan cuáles son los principales componentes del aceite esencial de limón que le otorgan sus particularidades olfativas. Se observa cómo compuestos presentes en menos de 0.2% en la esencia de limón son fundamentales para definir su buen olor.

Compuesto	% en la esencia	Significancia relativa en el olor de la esencia
Geranial	2.00	164.0
Neral	1.30	88.2
Linalol	0.18	48.1
Nonanal	0.12	10.7
Citronelal	0.13	9.4
Octanal	0.10	9.4
Acetato de nerilo	0.52	7.3

Figura 2: Principales componentes de la esencia de limón en función de su calidad olfativa.

Lo que realmente importa, es identificar cuál o cuáles de los constituyentes presentes son los responsables de la calidad organoléptica de una esencia. Si los constituyentes valiosos son los principales, bastará aislarlos por los procesos industriales clásicos, para lograr un producto concentrado o enriquecido en sus propiedades olfativas o saborizantes. Pero si los constituyentes valiosos son los que se encuentran en mínimas cantidades, componentes minoritarios, su aislamiento se hace poco rentable. ¿Para qué sirve entonces toda esa información minuciosa de detectar trazas de constituyentes? Muy difícilmente la industria podría aislar alguno de estos productos, presentes muchas veces en menos de partes por millón, con una rentabilidad aceptable. ¿Por qué entonces la industria se interesa y empecina en seguir buscando estas trazas?

Aquí vemos la primera necesidad de la industria de sabores y fragancias de desarrollar la química fina. Una química orientada a sintetizar sustancias muy bien definidas, normalmente estereoquímica e isoméricamente puras, y que puedan obtenerse de materias primas y con mecanismos de síntesis tales que resulten competitivos a nivel del mercado internacional. Esto es algo que no siempre se logra. Y cuando no se puede lograr, es cuando se valora la materia prima natural, biosintetizadora de dichos productos e irreemplazable por la industria química. Es el caso por ejemplo de la esencia de vetiver o de patchuli.

Pero todo ese arsenal de compuestos naturales también representa una fuente de inspiración para el químico orgánico. El reconocimiento de una estructura química como generadora de una propiedad organoléptica, es la guía para que otras estructuras similares sean explotadas,

buscadas o modificadas para lograr un mismo efecto, o tener una ventaja comparativa. Si el producto natural olfativamente valioso está en muy pequeñas cantidades en la esencia, la identificación de su estructura permitiría al químico de síntesis producirlo por otras vías. Un ejemplo histórico en la perfumería ha sido el aislamiento a partir del absoluto de jazmín del jasmonato de metilo. Como este compuesto está en ínfimas cantidades en la naturaleza, se ha desarrollado la síntesis de un derivado: el dihidrojasmonato, con un olor semejante (se inició su comercialización con el nombre de Hedione ®, patentado por la empresa Firmenich) para disponer de cantidades apropiadas para la industria de fragancias. Si bien el producto sintético era inicialmente una mezcla de dos isómeros, en la actualidad se pueden conseguir ambos isómeros separados. El descubrimiento del jasmonato en la naturaleza fue un adelanto importante desde el punto de vista académico. Pero la disponibilidad del derivado sintético obtenido por imitación del natural, resultó en una de las más significativas revoluciones en el mundo de la perfumería, con su consiguiente y espectacular éxito comercial.

Otro ejemplo es la síntesis de varios derivados tioles, patentados para ser usados como resaltadores en sabores de pomelo: aunque todos tienen una fuerza odorífica inferior al homólogo que fuera aislado de la esencia natural de pomelo: el p-menten-1-tiol-8 (Patente europea 91-11-1607-de 1991) (Demole, 1992).

Se puede así disponer de productos sintéticos idénticos a los naturales, y productos sintéticos reemplazantes de otros similares encontrados en la naturaleza. Con estos elementos, se pueden crear nuevas esencias, los llamados aceites esenciales sintéticos, que pueden ser idénticos a los naturales, o artificiales, como un aceite artificial de manzana.

La expresión aceite esencial idéntico al natural, identifica a un aceite esencial sintético, que se llama así por los componentes de origen sintético que lo conforman, pero por las propiedades fisicoquímicas y organolépticas es prácticamente indiferenciable con el similar natural para un lego, y a veces hasta para un experto analista. Esto último es un logro de la química fina y de la ultra minuciosa investigación de los compuestos aromáticos naturales .

Entre las ramas clásicas de la química fina, siempre se ha citado el caso de las industrias consumidoras de aceites esenciales. La vía catalítica como solución para la síntesis de compuestos a partir de productos aislados de esencias, es uno de los recursos más empleados en la literatura existente. Prácticamente toda la gama de posibilidades de la química orgánica ha sido ensayada en este sentido. No obstante, de los miles de nuevos productos o nuevos procesos publicados y patentados, son muy pocos los que han sido transferidos al mercado. En los últimos 30 años se estima que aparecieron unos 200 productos realmente novedosos para la perfumería o la industria de sabores; y los laboratorios más exitosos en este sentido fueron las empresas líderes internacionales en el sector: Harmann & Reimmer, Givaudan, Dragoco, IFF, Firmenich y Quest.

En los últimos años esta generación de nuevos productos sufrió una notable desaceleración, debido a las exigencias legales que existen en casi todos los países desarrollados para incorporar al mercado nuevos productos químicos. Se puede decir que dos o tres productos de cada mil sintetizados llegan a ser comercializados en la actualidad, siendo este valor sin embargo diez veces superior al apreciado en la investigación de productos farmacologicamente activos. Los motivos de esta limitación son, además de los legales, aspectos económicos, complejidad del proceso de síntesis, dificultad en obtener materias primas adecuadas en calidad y/o cantidad, presencia en el producto final de impurezas odoríficamente inaceptables, imposibilidad de separar racémicos o aislar isómeros, bajo margen de seguridad toxicológica, falta de competitividad del producto obtenido en comparación con productos similares ya comercializados más baratos, más estables, más solubles, de mejores características olfativas o aromáticas, etc.

Este último parámetro, las características olfativas o aromáticas, es el más difícil de evaluar, por no existir una medida o una unidad de comparación que lo defina, y por lo tanto resulta ab-

solutamente subjetiva su evaluación. Es el elemento más crítico para la inclusión de un nuevo producto en el mercado. Veámoslo con un ejemplo clásico: el linalol.

Es uno de los compuestos puros más usados en perfumería y sabores (con un consumo mundial estimado en 6.000 tn/año). Es un alcohol monoterpénico ampliamente distribuido en el mundo vegetal. Algunas de las especies más usadas para su extracción comercial son el bois de rose o palo rosa de Brasil (70 a 90% de riqueza) y el coriandro (60-80%).

Existen dos estructuras posibles del linalol: el isómero levo y el dextro. El proveniente de la esencia de palo de rosa es levo y el del coriandro es dextro. El acorde olfativo de ambos es distinto: el dextro es más terroso y fuerte, por lo que una síntesis de este producto debería mantener una determinada isomería. Debido a la gran demanda internacional del linalol, se desarrollaron varios procedimientos para su síntesis. El proceso empleado por BASF y Givaudan parte de acetilen-acetona, vía metil-heptenona y dehidrolinalol. Este procedimiento normalmente deja trazas de los derivados dehidro y tetrahidrolinalol (linalol de 92 a 95%), por lo que se comenzaron a utilizar otros métodos de síntesis. Milenium (ex Glidco) por ejemplo, parte de α–pineno. Hoy existen calidades de linalol sintético con una pureza mayor a 99%, libres de derivados hidrogenados. El interés en lograr un producto de tan alta pureza radica en que gran parte de este linalol es usado para producir aceites esenciales sintéticos (bergamota, lavandas, lima, etc.) y, tanto desde el punto de vista olfativo como analítico, es deseable que no aparezcan los derivados que lo impurifican. Obsérvese cómo una molécula tan simple, tan difundida en la naturaleza y conocida desde hace muchas décadas, ha exigido permanentes mejoras en los procesos sintéticos, y aún así las fuentes naturales siguen teniendo una significativa demanda, fundamentalmente por sus características organolépticas. Exactamente lo mismo puede decirse para otros productos como el aldehido benzoico o el geraniol (Stuart Clark, 1998a).

La única coartada que permite orientar al investigador en su ciega búsqueda de productos comercialmente interesantes, es explotar la relación estructura/efecto deseado, ya sea éste un olor, un sabor, una acción alelopática o un efecto farmacológico. Y por eso en nuestra industria de perfumes, resulta indudable la ventaja de trabajar en equipo entre el químico orgánico y el perfumista. Por un lado se debe reconocer una estructura o función química y su relación con una propiedad organoléptica, o modificarla para lograr un objetivo práctico de olor, sabor o flavor. También se debe tener el criterio y la experiencia necesaria para reconocer en un producto natural la potencialidad y las limitaciones de la variabilidad biológica, y hasta de evaluar su riesgo toxicológico. Y por último, se debe tener el conocimiento necesario para evaluar la calidad olfativa de todo nuevo producto o el de algún sustituyente de productos naturales.

El espectro de notas olfativas y saborizantes ha llegado a un grado de desarrollo tan importante, que quedan realmente pocos recursos inexplorados. Muchas de las nuevas esencias estudiadas, tienen que competir con las ya existentes, y con el amplio arsenal de materiales sintéticos o semisintéticos que limitan enormemente las posibilidades de encontrarles un nicho comercial. Los sintéticos, debido a su escala de producción, su homogeneidad en calidad, y su precio relativamente bajo y estable, suelen ser el patrón de referencia a la hora de determinar una aplicación industrial de una esencia natural.

Las grandes expectativas de encontrar nuevos acordes olorosos o saborizantes se centran actualmente en la exploración más detallada de determinados productos naturales. Los aromas de frutas tropicales, los olores de flores vivas (aún no cortadas de la plantas ni extraídas), el olor de la piel humana en distintos momentos, según las razas o los estados de ánimo, el estudio de la vegetación aromática de los países en desarrollo con Floras casi desconocidas, y el análisis de las variaciones producidas en los alimentos procesados, son algunas de las fuentes más comunes en la bibliografía actual. Queda siempre abierta la alternativa de caracterizar materias primas que puedan emular a las esencias naturales de muy difícil obtención, como una esencia de frutilla, de

melón o de muguet.

Hay otra posibilidad de aprovechamiento de los aceites esenciales. Si bien algunos componentes mayoritarios no son portadores de olores o sabores comercialmente buscados, no quiere decir que los mismos no sean útiles par la industria. Se verán en el transcurso de este texto varios ejemplos de productos aislados de aceites esenciales que sirven de materia prima para otras ramas industriales. Nuevamente lo que se aprovecha es la fácil obtención de abundante materia prima de origen renovable por un lado, y la específica pureza isomérica por el otro, lo que permite orientar las síntesis hacia reacciones isómero-selectivas. Como desventaja manifiesta debe señalarse que se parte de una materia prima no patentable en muchos países, por lo que se desvirtúa un típico incentivo de todo desarrollo industrial, como es la posibilidad de controlar la producción, el precio y el mercado.

Aún cuando el uso final de una esencia sea la semisíntesis de productos industriales, el proceso primario de su obtención a partir del material vegetal significa un reto y un punto álgido en cuanto a su optimización, teniendo en cuenta las múltiples variables que puede afectar su calidad.

Hemos analizado las posibilidades que ofrecen los aceites esenciales a la industria. No obstante, y para no generar falsas expectativas, debiera tenerse en cuenta que el mercado internacional de esencias suele tener muy grandes variaciones de precio. Y estos cambios son otros continuos desafíos para el investigador, quien deberá constantemente buscar nuevas fuentes o nuevos productos alternativos o sustitutivos. Los investigadores siempre han aportado nuevos avances en este sentido, con la quimiotaxonomía o la etnobotánica, con la fitoquímica o la farmacognosia, con la química o la biotecnología. La industria química tiene la misión de seguir urgando en el inconmensurable universo de compuestos naturales; y con sus herramientas de oro, la catálisis y la biotecnología, deberá emular la velocidad, la homogeneidad y la especificidad de la biosíntesis natural.

Colofón

Tener la oportunidad de valorar una esencia in toto, como un perfume o como un producto fisiológicamente o psicológicamente influyente, es la posibilidad de homenajear a una planta, con sus tiempos laxos y su caprichosa química. Nuestras vidas son casi una pausa frente a la vida vegetal. Un rápido gesto de nuestro tiempo tal vez no sea advertido por sus minutos largos, de horas extremas, en días sin días, y hacia y no hasta un fin sin fin. Sin imaginar el desesperado trance de morir, porque sus vidas no son tiempos, si no momentos sin esperanzas o paciencias, si no contemplaciones. Como la Naturaleza lo prefiere, como ese estado a que nos lleva el vivir, hasta el gozar, o el morir. Que es ser en la soledad de un instante la naturaleza de nuestro destino. Que es evocar en la expresión olorosa de una flor la impresión espiritual de un sentimiento.

Ensimismado en mi apasionada visión del mundo, advierto clara la importancia vital que el hombre siempre le ha dado a la planta. En una cultura primaria, sin pulimentos de raciocinio, sin huellas evolutivas, el hombre tiene que haber presentido, disfrutado y hasta idolatrado esa superioridad de la planta, ese señorío de saber vivir, sin desesperar, sin esperar; pero con ritmos, o sea con cambios. Como referencia de esa contemplación, queda grabada en la memoria del hombre una imbricada relación entre las esencias y el hedónico momento de su impresión. Por eso desde ese otro mundo, el vegetal, en el que tantos andamos inmersos, surge cada tanto un halo mágico de creatividad, de individualismo, de elegancia, de innovadora presencia. Son las esencias de flores, maderas o raíces, que proponen al espíritu sensible continuamente nuevas expresiones de armonía y belleza. Y al investigador atento, una fuente casi inagotable de inspiración. Queda en cada uno de Uds., con vuestro acervo curricular y vuestra humana sensibilidad, advertir estas señales, aprovecharlas y disfrutarlas.

Capitulo III

El mercado de plantas aromáticas y productos relacionados

El mercado internacional

Para las plantas aromáticas, como con muchos productos considerados no *commodity*, se carece de información detallada, o por lo menos periódica o estadística, sobre sus volúmenes de producción o consumo, importación y exportación, o sus valores de comercialización. Todos los datos existentes son siempre estimativos y ponderados en función de informaciones esporádicas y parciales. Por este motivo se podrán encontrar a veces datos muy dispares, o por lo menos no coincidentes. Una de las causas más importantes de este fenómeno es que la mayor parte de la producción de especies aromáticas provienen de países en desarrollo, donde la información económica, cuando existe, suele ser ocasional, incompleta y en general poco fehaciente. Otra limitación es que en las declaraciones aduaneras, muchos de estos productos aparecen en renglones llamados "bolsas" o grupales, donde no se discriminan cada una de las plantas o productos involucrados, y por lo tanto se hace casi imposible discernir en qué medida pesa cada producto sobre el total.

No obstante, existen algunas fuentes de información que permiten sacar algunas conclusiones valiosas, y que pueden orientar sobre las posibilidades, las fluctuaciones y las tendencias del mercado de estos productos. Entre las que se han elegido para esto, merecen mencionarse las estadísticas de importación y exportación de Estados Unidos de Norteamérica, por representar un importante sector consumidor dentro del mercado mundial (USDA, 1992/98). También las estadísticas publicadas por organismos internacionales como la FAO y la ONUDI, aunque tengan ya algunos años de elaborados. Por último, merecen destacarse los trabajos realizados por los Dres. Lawrence (1985) y Verlet (1997) sobre este particular, por ser casi las únicas fuentes existentes sobre este tema, abarcando el mercado mundial. Para ciertos países se pudo conseguir mayor detalle en la información, a través de estadísticas oficiales o contactos personales. Muchos valores que han sido incorporados en este trabajo seguramente quedarán desfasados en poco tiempo, dados los permanentes cambios del mercado. Y por este motivo solamente se han utilizado algunos parámetros que puedan dar una estimación o una tendencia general. Pero si el lector desea tener datos más concretos o actuales, deberá contactarse con acopiadores internacionales, adquirir estudios de marcado realizados por empresas especializadas, o podrá utilizar entre otras fuentes las siguientes:

• American Spice Trade Association Inc. 560 Sylvan Englewood Cliffs, NJ 07632-0267 .EE-UU de N. TE: (1-201) 568-2163.FAX (1-201) 568-7318

• International Herb Growers and Marketers Association. 1202 Allanson Road, Mundelein, Illinois, 60060, EEUU de N.

• The Chemical Marketing Reporter. (Publicación semanal). Editores: 80 Broad Street, Nueva York, 100004-2203, EEUU de N.

• United Nations International Trade Yearbook. Trade Analysis System on Personal Computer (PC-TAS) 1996-2000, CD-ROM . Ed. de las Naciones Unidas, Nueva York.

Dimensiones del mercado

Se deben considerar los mercados de hierbas aromáticas por un lado, y los de esencias y productos relacionados por el otro. Y en lo que se refiere a esencias, deben distinguirse la generalidad de las esencias, de aquéllas que por producirse como subproductos de otras industrias y en razón de sus grandes volúmenes de comercialización, suelen ser evaluadas por separado, como son las esencias de trementina (obtenida como subproducto de la resinación de pinos), y las de los principales cítricos (obtenidas como subproductos de la industria de jugos de limón y naranja).

El mercado mundial de plantas aromáticas (ofrecidas como hierbas) se ha estimado en unas 50.000 tn/año (1994). Los principales países europeos importan unas 13,000 tn de plantas aromáticas (año 1994), como hierba, siendo las de mayor mercado: salvia (1.800 tn/año), orégano (1.800 tn), mentas (1.900 tn), tomillo (1.600 tn), mejorana (1.700 tn), romero (1.000 tn), perejil (700 tn) y laurel (800 tn). El crecimiento estimado del sector es mayor a un 2% anual. No obstante no existe una demanda desabastecida, por lo que existe una muy dura competencia, sobre todo entre los países en desarrollo. Conviene tener en cuenta que muchas veces es más rentable comercializar las hierbas aromáticas como tal, que ofrecer sus esencias, aunque esto es muy variable según el país, las circunstancias y las fluctuaciones económicas tanto locales como internacionales.

La demanda mundial de aceites esenciales está tradicionalmente cubierta por algunos países con una producción proverbial de estos materiales. Entre los años 1993 y 1998 esta demanda creció a razón de un promedio de 6% anual. En algunos casos las plantas aromáticas representan el mayor valor de exportación de algunos países o regiones, y en consecuencia se instituyen en algo así como un símbolo de sus producciones agrícolas. Tal es el caso de las esencias de geranio proveniente de la Isla de Reunión, la esencia de rosa turca, la esencia de clavo de Zanzíbar, el coriandro ruso, el sassafrás o el palo rosa de Brasil, el amyris de Haití, el tomillo español, la canela de Sri Lanka y China, o la fama de Sicilia con sus esencias de limón y bergamota.

Más del 50% de la producción mundial proviene de países en desarrollo, lo que demuestra la importancia de climas tropicales o subtropicales para estas especies, además de la necesidad de disponer de mano de obra barata, para poder competir en calidad y precio en el mercado global.

Un 65% del volumen de esencias existentes en el mercado proviene de especies cultivadas, un 1% de silvestres (2% en valores monetarios), y un 30% de árboles (pinos, cedros, sándalo, canelo, clavo, ylang, eucaliptos, enebro, etc.). Esto demuestra que, salvo muy raras excepciones, las exigencias en cuanto a cantidad y homogeneidad en la calidad que pretenden las industrias consumidoras de esencias difícilmente pueden ser logradas si no es a través de un cultivo.

Hay que tener muy en cuenta que, salvo en los casos de las esencias más importantes, son productos con un mercado reducido. Se ha estimado por ejemplo que la demanda mundial de esencia de estragón puede cubrirse con unas 800 ha, y la de lavandines con unas 15.000 ha. Para cubrir la demanda anual de EEUU de N. de estragón hacen falta unas 20 ha (Davies, 1987). La conclusión que debe sacarse de esto es que si la oferta que se hace de una esencia es excesiva, se puede llegar a generar una disminución del precio internacional. Y por esto es muy importante conocer las dimensiones del mercado para cada esencia, y si no se la conoce o se está ofreciendo una esencia nueva, se debe actuar con gran cautela y en forma progresiva. El valor estimado del

intercambio de aceites esenciales y productos relacionados a nivel mundial ronda los 7.000 millones de US$ (año 1998).

Como datos orientativos, en la tabla 1 se dan los valores estimados de producción mundial, algunos de los principales orígenes y las más importantes producciones sudamericanas, tomando en cuenta numerosas fuentes informativas (datos obtenidos de Lawrence, 1985 y 1995; Stuart Clark, 1998; Nonino, 1997; Juárez y col. 1998; Ohashi y col., 1997; Anónimo, 1997 y 1997a; Plocek, 1998, Miralles, 1998) de producción mundial de algunas de las esencias más conocidas. En varios de los valores registrados se han podido observar grandes diferencias según el autor consultado, lo que indica una gran falta de consistencia en la información disponible. Por este motivo estos datos deben tomarse solamente como orientativos.

Pueden observarse en esta tabla varias de las características propias del mercado de aceites esenciales. En primer lugar, se evidencia la enorme disparidad de volúmenes producidos según la esencia analizada. También puede verse la importancia que tienen los países en desarrollo en la producción mundial, y cómo algunas esencias son producidas casi con exclusividad por un solo país, como es el caso de la *Litsea cubeba* en China, o el palo rosa en Brasil. En otros casos, aunque existen varios países productores, hay uno que es por razones de precio o de calidad el proverbial oferente, como el aceite esencial de cardamomo de Guatemala, el de petit grain de Paraguay, o el de lima de México y Perú. Otra pauta digna de destacar es el caso de algunas esencias como el vetiver o el ylang-ylang, productos con un valor relativamente alto (60 a 100 US$/kg) en comparación al promedio de las esencias. Existen muchas esencias como éstas donde numerosos países las producen en pequeñas cantidades, pues el alto valor comercial de las mismas las hacen singularmente atractivas para sus economías regionales.

Con respecto al lemongrass (*Cymbopogon citratus*), debe tenerse en cuenta que su demanda ha declinado enormemente en los últimos años, en favor de una mayor presencia en el mercado de la *Litsea cubeba*, su sustituto como proveedora del terpeno citral. Esto ha hecho que en muchos países, como en Brasil, Paraguay y Argentina, se estén eliminando los cultivos de lemongrass, al no poder competir en calidad y precio con la esencia provista por los chinos. Es éste un ejemplo de cómo el mercado se va adecuando a las nuevas ofertas cuando éstas son manejadas con buen criterio.

Por último, se han incluido en la tabla algunos aceites esenciales de escasa demanda mundial, pero que son modelos de inserción de especies autóctonas al mercado mundial (*Schinus molle*, cabreuva y boldo). Aunque aún siguen teniendo un reducido volumen de comercialización, no dejan de ser una alternativa válida para pequeños productores de las zonas donde se destilan estas esencias, y su permanencia en el mercado dependerá casi exclusivamente de las prácticas comerciales que realicen los mismos oferentes, si es que no disponen de una ventaja comparativa destacable con respecto a las esencias conocidas.

Esencia	Producción mundial estimada (tn)	Principales países productores o producción en América (tn)
Trementina	250.000	EEUU de N.: 90.000, Brasil: 8.000, Honduras: 1.000
Naranja	33.000	Brasil: 25.000, EEUU de N.: 7.500, Argentina: 200
Mentha arvensis	14.500	India: 8.000, China: 4.000, Brasil: 100, Paraguay: 100
Limón	5.400	Argentina: 3.000, EEUU de N.: 600
Eucalyptus (tipo cineol)	4.000	China: 3.000, Brasil: 70, Paraguay: 30, Bolivia: 10, Uruguay:10
Citronela	2.800	China: 1.500, Argentina: 40, Brasil: 20
Litsea cubeba	1.500	China
Lavandas y lavandines	1.300	Francia: 980, España: 130
Lima	1.200	México, Perú: 200
Lemongrass	1.000	Brasil: 300, Guatemala: 200
Geranios	300	China: 120
Petit grain	300	Paraguay: 300
Vetiver	200	Indonesia: 70, Brasil: 8, Haití: 50
Ylang ylang	120	Madagascar: 17, Brasil: 2
Palo rosa	100	Brasil
Palmarosa	55	India: 35, Paraguay: 8
Amyris	50	Haití
Cardamomo	50	Guatemala: 20
Boldo	20	Chile
Cabreuva (*Baccharis*)	20	Brasil y Paraguay
Schinus molle	0.1?	Chile, México, EEUU de N.

Tabla 1: Producción mundial estimada de algunos aceites esenciales. (estimado en 2001).

Un fenómeno comercial de suma importancia para el sector de las plantas aromáticas ha sido el fuerte impulso que han tenido en los últimos años la aromaterapia y la aromacología, sobre todo en los países desarrollados. Estos nuevos nichos del mercado posibilitaron muchas veces la absorción de pequeñas producciones, priorizando la producción orgánica, y aceptando la inserción de numerosas nuevas esencias. Si bien es una especialidad normalmente controlada por regulaciones o leyes sanitarias más o menos estrictas, sus posibilidades de expansión parecen cada vez más promisorias, llegando a estimarse una duplicación de su capacidad de consumo en los próximos años. En el caso especial de la aromaterapia, la inserción de nuevas esencias suele estar limitada al conocimiento de una actividad farmacológica específica o a su baja toxicidad, factores que requieren de una labor de varios años para demostrarlos. Pero para la aromacología, solamente el hecho de ofrecer una nueva esencia parece resultar un negocio lucrativo, sobre todo cuando se puede lograr un aroma característico, por su belleza o su potencia, o simplemente por representar el aroma de una planta con características exóticas o con fuerte arraigo en la tradición de una población o una cultura.

Es importante destacar que existe una fuerte política de expansión de las producciones de plantas aromáticas en algunos países como China e India, donde un planificado y comprometido régimen de producción tiene cada vez más una trascendente injerencia en los mercados interna-

cionales. Un prueba clara de esto es el ejemplo descripto anteriormente de la *Litsea cubeba* como sustituyente del tradicional lemongrass. Pero si bien estas circunstancias podrían inhibir a un nuevo emprendedor con una propuesta de competencia, merece destacarse que ya existen en los mercados mundiales fuertes presiones para desestimar la oferta de algunos de estos países, en razón de los serios problemas de calidad que han generado. Y esto debiera representar un serio llamado de alerta para cualquier país, e incluso para todo nuevo productor que quiera participar de la oferta mundial. Si bien una buena calidad y una continuidad en la producción suelen premiarse con la constancia en el negocio, la más mínima falla en el proceso de comercialización, sea por calidad o por discontinuidad o cualquier otra causa, se paga con un rápido descrédito internacional, y hace que difícilmente se logre permanecer en el negocio.

Se describirán a continuación tres de los principales mercados de plantas aromáticas y aceites esenciales, para examinar un poco mejor la estructura y dimensiones de los mismos.

Alemania es uno de los mercados más importantes a nivel mundial de hierbas aromáticas, y el primero en Europa. Consume unas 4.000 tn de plantas aromáticas y unas 25.000 tn de medicinales, de las cuales el 98% son de origen importado (1994). Argentina por ejemplo le vende unos 4,5 millones de US$ de manzanilla para infusión. Otras 3.000 tn de hierbas son importadas para ser reexportadas, es decir que sus puertos son algunos de los principales orígenes de estas materias primas. Posee poderosos *brokers* (Paul Muggenburg asociado a Martin Bauer desde 1999 constituyen en la actualidad el grupo comercializador de hierbas más grande del mundo, Thiem, George Uhe, etc.), que regulan en gran medida el mercado internacional de muchas especies y esencias. Importa unos 400 millones de US$ de aceites esenciales (valor estimado para los años ‘90), siendo dentro de la Unión Europea el principal demandante.

Francia es el segundo consumidor europeo de hierbas aromáticas y medicinales. Importa unas 3.000 tn de plantas aromáticas, lo que representa el 80% de su consumo interno. Tiene una demanda de unas 1.000 tn de mentas, 800 tn de tomillo, 600 tn de orégano, etc. Tiene 5 importadores que dominan el mercado francés: Fralib (del grupo Unilever) que maneja el 70% del mercado, Ducros (líder no solamente en Francia sino en Europa en general en la comercialización de especias), Pagés, Lyons y Food International, las dos últimas de origen inglés. Francia ha desarrollado la tecnología de hierbas aromáticas congeladas, lo que se ha constituido en una nueva alternativa de venta de estas plantas. En 1994 procesaron 1.000 tn de hierbas en este sector.

Pero la importancia de este país radica mucho más en otro aspecto. Es ampliamente conocido su liderazgo en la fabricación de perfumes, aunque en los últimos años haya sufrido una fuerte competencia por parte de las empresas norteamericanas. Y debido a este liderazgo es que el país galo está ubicado como el segundo importador mundial de aceites esenciales, en volumen y en valor, después de EEUU de N. También es líder en la producción de algunas esencias, como lavandas, jazmín, *Salvia sclarea* y rosa, materiales que se consumen casi con exclusividad en la perfumería de alto nivel. La zona de Grasse, al sur de Francia, es algo así como el ombligo de la industria perfumística mundial. Esto significa que en esta región es donde se puede encontrar la mayor concentración de cultivos, empresas, laboratorios de investigación y desarrollo y expertos perfumistas, que en gran medida aportan las novedades o las tendencias del mercado de aromáticas. Si bien Alemania es el principal *constructor* del mercado mundial de estos productos, Francia es el que lo orienta y promueve.

Mencionaremos finalmente a Estados Unidos de Norteamérica, el país que cuenta con mayor información sobre sus mercados de productos aromáticos, tanto en lo que se refiere a importación y exportación como a volúmenes de consumo interno. Su significación en el mercado mundial es tan preponderante, que merece analizarse con detalle algunas de sus características más notables.

Representa un mercado aún mayor al francés, pues por sí mismo importó una cantidad

superior de plantas aromáticas (13.000 tn/año) y alrededor de 330 millones de US$ de esencias en 2001. Importó en este año por ejemplo (ver tabla 2) 46 millones de US$ de esencia de limón (unas 3.000 tn en 2000), principalmente de Argentina, 19 millones US$ de esencia de naranja (10.000 tn), mayormente de Brasil, 16 millones US$ de esencia de lima (1.100 tn), de México y Perú, 7,5 millones US$ de esencia de patchuli (300 tn) (USDA, 1992/2002). La mayor parte de las importaciones de esencias de naranja, limón y lima son para consumo de la industria de bebidas analcohólicas. El mercado norteamericano (incluyendo México y Canadá) demandó en 1999: 110 tn de esencia menta inglesa o piperita, 50 tn de esencia de coriandro, 130 tn de esencia de romero y 70 tn de esencia de menta spearmint, entre las principales.

En cuanto a hierbas, los EEUU de N. importa 5.000 tn de orégano (fundamentalmente de Turquía y México, a un precio que fue subiendo de 2,5 US$/tn en 1989, a 4,5/5,0 en 1994), 2.000 tn de albahaca y otro tanto de salvia. El principal puerto de entrada de estos productos es Nueva York.

Sudamérica representa desde 1998 la segunda región del mundo proveedora de aceites esenciales para EEUU de N., en valores monetarios, con un promedio de aproximadamente 56.000.000 US$ entre los años 1994-2000. Entre los 35 países líderes proveedores de este mercado, se cuentan 8 países de nuestra región (ver tabla 3): Brasil (en 4º lugar; 28.312.000 US$ promedio de 1994/2000), Argentina (7º; 20.491.000), México (8º; 17.226.000 US$), Chile, Perú, Paraguay, Guatemala y la República Dominicana (Estadísticas del Departamento de Agricultura de EEUU de N.). En cuanto a los valores totales importados, se ve un franco aumento en la demanda. Y de la lista sobresalen los tres primeros, por ser los productores de las esencias cítricas (naranja, limón y lima) utilizadas en la agresiva industria de bebidas analcohólicas norteamericana. La notable diferencia en 2000 de los valores para Argentina se deben también a la importación de esencias cítricas.

esencia	**1986**	**1987**	**1988**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**
Anís	22	43	49	65	54	49	70	62	98	107	153	86
Citronela	706	682	517	356	568	886	626	564	447	470	353	352
Mentha arvensis	136	239	273	360	293	249	258	297	323	340	492	592
Eucalipto	293	378	312	327	347	454	465	408	604	704	576	707
Limón	1027	636	744	1491	1721	1407	1369	1689	1951	2112	2008	3052
Lemongrass	77	90	74	37	87	68	80	61	44	43	75	57
Lima	632	761	870	971	1037	757	865	1273	960	1049	1200	1100
Naranja	3372	5051	5684	3720	9989	11910	14881	6729	11435	14913	12690	10034
Patchuli	301	269	251	246	246	390	455	303	333	312	368	299
Mentha piperita	8	16	13	25	41	147	305	456	254	356	330	371
Petit grain	123	97	119	101	97	77	95	74	95	66	65	80
Romero	51	69	48	55	58	64	59	68	93	349	109	79
Sassafrás (*Ocotea*)	233	396	344	193	336	251	242	225	166	154	210	97
Vetiver	79	78	96	41	30	48	52	20	12	16	9	10
Ylang ylang	32	37	41	46	49	43	31	62	48	44	41	48
totales	10832	12962	14144	12514	19665	21928	25437	17759	22634		24372	23567

Tabla 2: Importaciones de algunas esencias por EEUU de N. (en tn, valores aproximados)

País / Región	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Argentina	13037	19101	18912	23070	19497	16036	33785
Brasil	29948	37142	31392	28767	26648	19630	24655
México	10501	19296	21125	14580	19501	17289	18220
Chile	555	990	1259	921	1686	1666	1853
Paraguay	1861	1795	1400	1472	1477	1782	1791
Guatemala	947	676	768	969	931	1534	1676
Perú	4349	4681	4363	4145	1571	1536	1554
Rep. Dominicana	645	669	691	907	918	625	1088
Haití	854	4815	1256	918	1101	584	731
Sudamérica	50671	64559	58484	59308	51249	41154	63886
Centroamérica	1479	2443	1983	1945	1690	2086	2910

Tabla 3: Importaciones de esencias desde Centro y Sudamérica a EEUU de N.
(en miles de US$ por año calendario) Países ordenados según importaciones de 2000.

Estructura y características del mercado

Aunque ya se han visto a grandes rasgos los principales aspectos del mercado mundial de plantas aromáticas y esencias, conviene resaltar algunos conceptos específicos, en lo referente a la cadena de comercialización, y a las pautas más comunes de sus formas de accionar.

El comercio internacional de aceites esenciales está controlado por dos grandes sectores económicos que acopian la mayor parte de la producción mundial: las grandes empresas de sabores y fragancias y los grandes acopiadores o *brokers* de materias primas para estas industrias, y que al igual que la mayoría de las industrias de sabores y fragancias están establecidos en EEUU de N., Europa y Japón.

El mercado internacional de hierbas aromáticas y esencias relacionadas está provisto por cuatro tipos de productores:

• Productores grandes, que manejan un promedio mayor a 80 / 100 ha de cultivos: El mismo productor exporta o tiene contrato de riesgo con empresas o grandes acopiadores. Normalmente hace monocultivos. Suele ser autosuficiente tecnológica y económicamente, y dispone normalmente de la propia planta de destilación o de extracción de esencias.

• Productores medianos, con 10 a 100 ha: Suelen manejar varios cultivos, y al diversificarlos se protegen de sus posibles debilidades: oferta reducida, baja competitividad, disponibilidad de producto esporádica, etc. Pueden exportar directamente. Pueden trabajar a pedido, con contratos de riesgo compartido por ejemplo.

• Productores chicos, con menos de 10 ha: necesariamente dependen de un acopiador, si no están asociados en cooperativas, consorcios u organismos centralizadores Suelen manejar los cultivos de aromáticas como una alternativa más a otro cultivo tradicional dentro de sus propiedades. Al tener una fuerte dependencia con el acopiador, difícilmente logran grandes éxitos comerciales, pero justamente por este motivo es que la meta de este manejo minifundista no debe ser el sustento único de un grupo familiar, sino una contribución, muchas veces temporaria o estacional, a sus ingresos. Además, no pueden optar por algunas aromáticas que, por los precios internacionales, deben ser cultivadas en forma extensiva, mecanizando su manejo agrícola y optimizando su tratamiento post-cosecha.

• Productores secundarios: donde las esencias no son su negocio específico, sino que lo utilizan como un recurso secundario a la generación de otro producto: frutas cítricas,

madera o fibra para papel, aserrines aromáticos, follaje de eucaliptos, etc. Más bien son proveedores de materia prima a acopiadores o agroindustrias destiladoras.

La segunda etapa de comercialización, el acopio, se hace mediante agentes acopiadores locales, que suelen comercializar pocas esencias pero en grandes volúmenes, o a través de acopiadores internacionales, que manejan muchas esencias, sin límites de cantidad. Existen también grandes empresas usuarias que manejan una determinada producción, para su uso exclusivo, o para competir con acopiadores.

Hay algunas variantes entre las formas de actuar de los acopiadores.

• Los acopiadores o *brokers* propiamente dichos, que actúan como intermediarios, y a pedido de clientes, y que suelen manejar partidas importantes, lo que les permite regular precios.

• Otros grupos actúan con opciones a futuro. Suelen ser representantes de grandes empresas o corporaciones multinacionales. Esta forma de compra suele ofrecer precios menores a los del mercado, por el riesgo que involucra.

• Por último, existen corredores o comerciantes que compran por ofertas de partidas específicas, y en forma esporádica, como consecuencia de pedidos específicos.

Las compras se hacen directamente contra muestra, o por contrato de riesgo compartido. Los precios se fijan en función de los precios internacionales, siendo las variables más importantes para precisar el valor definitivo, la calidad, la cantidad y la oportunidad de la oferta. El pago puede hacerse contra entrega de documentos de embarque, con un giro o letra de cambio, o con carta de crédito.

En general, se puede describir a este mercado con las siguientes características:

• Fuerte competencia con productos de síntesis o semisíntesis. En todo momento los sustitutos o similares de origen sintético, son los que fijan el límite de calidad, cantidad y precio. Nadie podría vender una esencia si la misma puede reemplazarse por un producto sintético de igual valor económico y organoléptico.

• Demanda histórica estable: A excepción de algunos casos esporádicos, la demanda de las esencias tradicionales sigue la expansión del mercado de productos naturales, la que por el momento, aunque con un crecimiento lento, parece no tener techo. Las excepciones apuntadas suelen darse por competencia con nuevos sintéticos, o con otras nuevas esencias con ventajas comparativas. En algunos casos la estabilidad del mercado es evidente, como en la esencia de geranio, que desde hace 60 años se vienen consumiendo unas 300 tn/año. Sin embargo, esta misma demanda fue provista por distintos países según pasaron los años, lo que demuestra una notable competencia por calidad y por costos de producción (Verlet, en Da Silva, 1995).

• Variaciones en los precios internacionales: estas variaciones suelen ser muy dependientes de factores políticos y climáticos, que modifican en forma sustancial la oferta globalizada. Principalmente cuando la esencia se produce en una sola región o en muy pocos países del mundo. Si no fuera por estas circunstancias, existen varios ejemplos que demuestran la estabilidad en los precios. Las esencias de lavandín costaban 10 a 12 US$/kg en 1975, y este valor no varió significativamente hasta hoy, que se consigue a 18-20 US$/kg. La esencia de geranio tipo africano varió de 40 a 75 US$/kg en los últimos 25 años. La esencia de citronela ha tenido un precio de 4 a 10 US$ en los últimos 25 años. Mientras que la esencia de patchuli por ejemplo ha sufrido un espectacular aumento en los últimos dos años (en 2000 se duplicó su valor) por la baja producción de Chi-

na e India, y los problemas internos existentes en Indonesia. Otro caso de fuertes fluctuaciones es el aceite esencial de coriandro, que de costar más de 100 US$/kg (cuando el país productor líder era Rusia), en los últimos años llegó a venderse a menos de 20 US$/kg. Con estos ejemplos se ve la imperiosa necesidad de estar al tanto de la situación del mercado internacional.

• Gran exigencia en calidad, cantidad y continuidad: En lo que se refiere a calidad, juega un primordial papel el uso de normas de calidad, sean propias (del productor mismo o del comprador), públicas como las normas internacionales ISO, las francesas AFNOR, las FEMA (Flavour and Extract Manufacturers Association), o regulaciones internacionales (Farmacopeas, Códigos alimentarios, legislaciones nacionales o regionales). Por otro lado, de nada vale ofrecer un buen producto, y en cantidad suficiente, si no se asegura una continuidad en la producción que le garantice al comprador su normal provisión. Para esto, suele ser muy valioso el manejo de una producción a través del asociativismo entre distintos productores de una misma región.

• Reticencia a cambios de productos o calidades: para mantener una calidad uniforme en el producto final, difícilmente un comprador aceptará algún cambio de calidad, por supuesto dentro de los márgenes que todo producto natural permite. No obstante, y paradójicamente, existe una necesidad por identificar nuevos productos, como herramienta para ganar nuevos mercados.

• Generalmente se manejan altos precios, bajos volúmenes de demanda y mercados restringidos, en comparación con productos *commodity*. A esta situación se debe agregar la falta de competencia por manejarse muchas veces productos cautivos, de conocimiento restringido a un determinado grupo industrial, o de uso limitado a determinado producto, región o industria. Para ello se puede explotar la diversidad genética y edafoclimática, lo que permite hacer de cada zona, cada cultivar o cada productor casi un unívoco proveedor para la industria de sabores y fragancias.

El mercado mundial de sabores y fragancias

Como se habrá podido corroborar, la industria de sabores y fragancias es la principal usuaria de aceites esenciales. Por este motivo analizaremos con mayor detalle este sector.

El negocio de las perfumes y los sabores moviliza unos 14.000 millones de US$ (2000). En 1990 el mismo mercado era de 7.800 millones de US$, y se espera que en el 2004 se llegue a más de 15.000 millones de US$ (crecimiento del 5%) (Hartmann, 1996; Freedonia Group, 2001). Latinoamérica representa algo más del 5% de este mercado, y Estados Unidos de Norteamérica representa casi el 50%.

En 1970 el mercado internacional de sabores era de unos 230 millones de US$, de los cuales el 58% (133 millones) eran aromas naturales. En 1985 ya pasó a 630 millones de US$. Sin embargo de éstos, solamente 170 millones eran de naturales. Es decir que el mercado de aromas naturales no tenía un aumento tan significativo como el de sabores en general en estos períodos. Pero esta tendencia cambió rotundamente en la década de los ‘90, con la exigencia cada vez mayor del mercado internacional por el uso de productos naturales. En 1994 el mercado de sabores se acercó a los 4.000 millones de US$ y se estima que durante los próximos años tendrá un crecimiento del 6% anual. Los mayores consumidores de sabores son los elaboradores de bebidas analcohólicas o alcohólicas (Hartmann, 1995). Europa maneja ya un mercado de más de 1.000 millones de US$ y 200.000 tn. La línea líder europea es la de bebidas analcohólicas y dietéticas.

Alemania solamente consume en este rubro unos 266 millones de US$.

Solamente la industria perfumística mundial maneja ventas por 3.000 millones de US$. Europa representó en 1994 1.630 millones de US$ y 108.000 tn, con una predicción para 1998 de 1.785 millones de US$ y 118.000 tn. Francia es líder en esta región, con 334 millones de US$. Luego están Alemania con 312 millones US$ y el Reino Unido con 274 millones de US$. Estos tres países manejan el 57% del mercado europeo.

Unos siete grupos manejan el 70% del mercado de sabores y fragancias mundial: IFF (empresa norteamericana que vende unos 1.700 millones de US$, y que en el año último adquirió Bush Boak & Allen), Givaudan (grupo Hoffman LaRoche, anteriormente denominado Givaudan Roure, vende unos 1.100 millones de US$), Quest (Grupo ICI, unos 800 millones de US$), Harman & Reimer (grupo Bayer, unos 850 millones US$) actualmente fusionado con Dragoco, Firmenich (unos 500 millones de US$), Takasago y otras menores. El resto del mercado está dividido entre grandes empresas nacionales de mucha menor envergadura que las citadas y un sinnúmero de pequeñas y medianas empresas.

Desde la década de los '80 es cada vez más notoria la tendencia por concentrar los esfuerzos en grandes corporaciones, con el objeto de reducir los gastos fijos y optimizar los recursos tecnológicos y humanos. Se logra una llamada masa crítica de investigación y desarrollo que permite competir a nivel internacional. Esto ha hecho que varias de las grandes empresas multinacionales fueran absorbidas o se asociaran con otras competidoras (caso Givaudan con Roure y Fritsche Dodge & Olcott, Naarden con PPF (1987), Harman & Reimer con Florasynth, Tastemaker con Hercules (1992), etc.).

Esta concentración de recursos económicos y humanos hace cada vez más difícil la competencia para las empresas regionales o locales. Proveer a estas grandes empresas resulta un desafío muy difícil de dominar. Por este motivo parece mucho más lógico iniciar una producción de aromáticas para estructuras comerciales más reducidas, o de lo contrario orientado a ofertar a acopiadores, sean locales o internacionales.

Pero hay otros factores a tener en cuenta, que resultan de la particular estructura que presenta esta industria. Por ejemplo:

• Cada vez más se genera una concentración de la producción de sabores y fragancias, y por consiguiente de la demanda de materias primas, que por supuesto está orientada a los países desarrollados.

• Como en muchas otros temas, se observa una globalización de la oferta, lo que facilita el comercio multinacional y su lógica economía de escala. Esto es de gran importancia para los grandes productores, pero es una desventaja para los pequeños y medianos.

• Hay una clara tendencia hacia la especialización (bebidas no alcohólicas, alimentos sin grasas, sin azúcar, alimentos congelados o para microondas, etc.), lo que genera una idoneidad para la resolución de problemas puntuales. Para esto, las empresas que integran corporaciones multirubro, están tratando de aprovechar la experiencia de su grupo para aventajar tecnológica o estratégicamente a sus competidores. Esta propensión puede ser aprovechada, pues muy probablemente una industria orientada por ejemplo al perfumado de productos de limpieza tendrá muy distintas exigencias de calidad que otra dedicada a la aromatización de ambientes.

• La industria de fragancias y sabores utiliza unas 700 materias primas (naturales o sintéticas) en cantidades mayores a 100 tn/año. También usa otros 300 a 400 productos más en menor proporción. De todos éstos, unos 300 son de origen vegetal; y se pueden

dividir en tres grandes categorías: aceites esenciales, productos aislados de esencias (eugenol, anetol, citral, etc.), y productos obtenidos por semisíntesis a partir de esencias naturales (iononas, terpineol, dihidromircenol, etc.).

• El mercado mundial de productos naturales para sabores y fragancias representan unos 4.000 millones de US$/año. Los aceites esenciales: unas 48.000 tn anuales: unos 900 millones US$ (16 US$ /kg promedio) (valores de 2001). El mercado de esencias de los Estados Unidos de Norteamérica fue estimado para 1995 en unos 400 millones de US$, representando el 13% de las materias primas empleadas en su industria perfumística. En 1991 representaba solamente el 8% en esta industria (Anónimo, 1996). El mercado de especias para este país representó en 1997 un mercado de 550 millones de US$ (USDA, 1992/98). El mercado cosmético (incluyendo el de aromaterapia) consumió casi 1.000 millones de US$ de aceites esenciales en EEUU de N. en 1997, y se espera que llegue a 1.200 millones de US$ en el 2002.

• No obstante estos valores, Se puede apreciar el reducido volumen del mercado de estos productos, si se lo compara con algún producto agrícola *commodity* típico de varios de nuestros países, como el café, que representa un mercado mundial estimado en 10.000 millones US$, o el girasol, con 4.000 millones de US$.

• Diez esencias representan el 85% del mercado mundial: naranja y limón, mentas (Verlet, 1991), citronela, cedro, *Eucalyptus* spp., especies con citral (*Litsea*, lemongrass), lavandas y lavandines, *Pinus* spp.

• Las especies más importantes en cuanto a valor comercializado (se producen más de 10 millones de US$/año de cada una) son: mentas, limón, rosa, jazmín, especies con citral, sándalos, vetiver, patchuli, geranios, cedros, lavandines, citronela y cítricos. Comparando esta lista con la del párrafo anterior, se observa que algunas especies, aún cuando tienen un mercado restringido, representan un importante renglón del mercado, debido a su alto valor comercial: rosa, vetiver, patchuli y jazmín, entre otras.

• EEUU de N. produce grandes cantidades de pocas especies: mentas (posee unas 55.000 ha de *Mentha piperita* y 10.000 ha de menta spearmint, valuadas en 135,5 millones de US$ y aprox. 29 millones de US$ respectivamente (USDA, 1992/98)), cedro, limón. Las exportaciones en 1997 fueron de 588 millones de US$, un 1% menor a los exportado en 1996. Francia es un caso inverso, pues produce una gran variedad de esencias, en cantidades menores, pero de esencias caras: rosa, tuberosa, nardo, lavandas, jazmín, *Salvia sclarea*, etc. Tiene dedicadas unas 18.000 ha para aromáticas, las que producen unas 12.000 tn de esencias. La más importante es la producción de lavandines: 12.000 ha para 950 tn anuales en 1993 (en 1992: 870tn). jazmín: 26 tn. *Rosa centifolia*: 108 tn (1993).

• El 75% de los volúmenes exportados fueron en 2000 a EEUU de N., la Unión Europea o Japón. Sin embargo los primeros 6 exportadores sólo cubren el 60% del mercado. Esto muestra dos hechos indudables:

  • Una fuerte concentración de la demanda en los países desarrollados.
  • Una atomización de la producción primaria, fundamentalmente en los países en desarrollo.

• Existen notables diferencias en los precios de las esencias y las hierbas

aromáticas a nivel mayorista y minorista. No obstante esto, resulta muy difícil para un productor poder entrar en el mercado minorista, pues suele estar dominado por grandes empresas que fijan las reglas. Sí quedan posibilidades para ofrecer productos artesanales, regionales, folklóricos u orgánicos.

• Para los próximos años los mercados que se espera tengan mayor expansión son Europa y Asia. Específicamente el mercado de sabores se está beneficiando con una fuerte expansión debido a numerosos factores que detallaremos a continuación. Y en estos productos, los extractos y aromas elaborados con vegetales son de gran preponderancia, de la misma manera que las plantas aromáticas y las esencias. Las causas son muchas, pero conviene resaltar algunas:

• En un mercado tan competitivo como el de los alimentos, surge la necesidad de una renovación continua, de encontrar nuevos productos. Entre éstos se han puesto de moda los llamados alimentos ecológicos, y los étnicos, provenientes de tradiciones o artes culinaria sexóticas, generalmente tropicales, donde abundan las especias y los sabores fuertes.

• Es evidente la preferencia del usuario por consumir productos naturales, y en este aspecto juega un papel preponderante el consumo de productos orgánicos, aunque aún sean casi *un lujo* de países desarrollados.

• El mercado globalizado trajo consigo la eliminación de fronteras culturales, algo así como la transculturización del consumo y los gustos, donde lo exótico es uno de los principales valores, y la variedad es un logro indiscutible.

• Un factor de real trascendencia para la expansión del uso de sabores fue la implementación y la divulgación de nuevas tecnologías: alimentos para ser usados en microondas, productos congelados, deshidratados o liofilizados, sabores microencapsulados, etc.

• Las exigencias de más y mejores controles sanitarios e higiénicos dentro de la industria alimentaria ha llevado a que las empresas prefieran el uso de resinoides en vez de especias, favoreciendo la dosificación, normalizando la calidad organoléptica, simplificando la inclusión de las mismas en algunas formulaciones, y por sobre todo disminuyendo los riesgos de contaminación microbiana.

• Aunque en algunos casos se ha exagerado, la concientización de los probables efectos tóxicos producidos por materiales sintéticos es hoy una realidad. Poca gente se anima a quiparar los riesgos de los naturales con los sintéticos, y pareciera como si el solo hecho de ser natural ofreciera una seguridad total. Cosa totalmente falsa, pero creíble por la mayoría y, lo que es peor aún, soportado por muchos medios de difusión. La lógica sería conocer las ventajas y los problemas que acarrean tanto los productos naturales como los sintéticos.

• La forma de vida en las grandes ciudades modernas, ha modificado sustancialmente las costumbres alimentarias de la población. Concientes de ello, el usuario exige cada vez más un control de su dieta, para lograr a través de su alimentación el mantenimiento de la salud. Y por esto el mercado de los alimentos dietéticos y suplementos dietarios es hoy un fenómeno social y económico. Y esto también trajo aparejado un desarrollo sustancial del mercado de sabores, pues hubo que reemplazar el olor y el sabor de las grasas animales,

de los dulces, de los fritos, de los alimentos asados, etc.

Con esta perspectiva, el perfil de una empresa local o regional productora de aceites esenciales debe ser dimensionado y estructurado según estas reglas del mercado. Difícilmente se podrá acceder a las grandes cuentas internacionales y aún a las locales, si no se evalúan todos los factores que puedan con seguridad generar un negocio rentable, como son:

a) Ofrecer una calidad internacional, o una novedad para el mercado.

b) Garantizar el aprovisionamiento y la cantidad exigida.

c) Mantener la confiabilidad en la operación comercial: respetando las fechas de entrega, asegurando las calidades y precios, demostrando solvencia financiera, lealtad, confidencialidad y reciprocidad en la información comercial (disponibilidades, precios, resolución de problemas inherentes a las transacciones, etc.)

d) Aprovechar ventajas económicas, como pueden ser:

- menor costo de producción por: menor flete, fácil disponibilidad de materia prima, mano de obra barata, protección impositiva a la industria local, etc.
- facilidades de pago, etc.

e) Aprovechar ventajas circunstanciales:

- disponibilidad de tecnologías blandas; manejo del mercadeo; buena información sobre demandas, buena relación o conocimiento de los niveles gerenciales del cliente, etc.
- entrega inmediata de faltantes de stock temporarios,
- provisión de materiales de poca monta o poco volumen, negocios descartados por grandes empresas,
- coparticipación en la provisión de determinada materia prima (para evitar la dependencia o las demoras de entrega por parte del proveedor habitual).

Posibilidades de la región

La importancia económica actual del sector en Latinoamérica es alta solamente en algunos países o algunas regiones de los mismos. Brasil, Argentina, Paraguay y México son ejemplos de países con una tradición esenciera. Pero en el resto de la región no es tan significativa la dimensión de su oferta, sino más bien lo que trasciende es su potencialidad y su posible relevancia social. Representa una típica producción agroindustrial promocionada por numerosos grupos de asistencia en tecnologías apropiadas en todo el mundo. Es importante mencionar algunos antecedentes en la región y en otras partes del mundo, que permiten conocer cuál es el interés que tiene la industria de sabores y fragancias por esta zona, y para identificar nuevos materiales aromáticos.

La lectura de los libros de floras latinoamericanas (como las de Bolivia, Colombia, Argentina, Brasil o Paraguay), los comentarios de viajeros y expedicionarios desde la época de la colonización europea (Dobrizhoffer en el Gran Chaco paraguayo-argentino, los famosos viajes de Bonpland, Humboldt y Ruiz y Pavón, Tadeo Haenke en Bolivia, H. Weddell; y en nuestro siglo: E. Günther, L. Girault en Perú y Bolivia o E.Schultes en el Amazonas), y los textos de etnobotánica donde se describen los usos de las plantas por las distintas culturas americanas (Pío Correa en Brasil, Hieronymus en Argentina, Murillo en Chile, Barriga en Colombia, etc.), descubren centenares de citas y comentarios sobre las propiedades fragantes aprovechadas o no por las poblaciones locales. Mucha de esta información está a la espera de un estudio científico y técnico exhaustivo para evaluar sus características organolépticas.

Hasta la década de los ‘60 era muy difícil introducir nuevas esencias en la industria de fragancias y sabores, debido al gran auge que tuvo la química de síntesis. La nueva tendencia de usar los productos naturales, hizo resurgir este interés. En 1971 Favre alertaba de algunas especies latinoamericanas promisorias, como *Aniba canelilla* y *Baccharis dracunculifolia* (Favre, 1971), y en 1975, uno de los grandes referentes de la industria de los perfumes, el reconocido autor Louis Peyron (1975) citaba también varias especies sudamericanas como potenciales materias primas de interés para la perfumería, como: *Eugenia pungens*, *Achyrocline*, *Escallonea rubra*, *Lepechinia speciosa*, *Psila spartioides*. Aún hoy quedan algunas de estas especies a la espera de su valorización por parte de la industria. Manheimer (1973) hizo también una revisión de algunas esencias naturales sudamericanas con potencial interés en la industria de fragancias.

En Estados Unidos de Norteamérica se formó en 1988 una asociación llamada Aroma Research Institute of America, ARIA (Malcolm, 1994), dedicada al fomento y evaluación de nuevas esencias, absolutos o resinoides. Algunos de los países que aprovecharon esta oportunidad de nuevos mercados fueron India, Malasia y Australia.

El patentamiento de clones específicos en Estados Unidos de Norteamérica (U.S. Plant Patent 8,645, año 1994, y siguientes) permite suponer un avance notable en la inversión industrial para la búsqueda de estos productos. El hecho de permitirse el resguardo de la propiedad de un nuevo producto, asegura una rentabilidad en las inversiones asignadas a estas investigaciones y un mayor interés por parte de los inversores en este rubro.

En los últimos años la Unión Europea inició una serie de proyectos regionales, donde se buscó específicamente la identificación de plantas aromáticas desconocidas o poco difundidas en el mercado internacional. Ecuador, Argentina, Bolivia y Uruguay son algunos de los países latinoamericanos que han participado o están participando de estos proyectos. Propuestas que, por otro lado, son similares a las desarrolladas o planteadas en otras partes del mundo, como África o Asia, por intermedio de organismos internacionales o no gubernamentales de asistencia tecnológica.

En el capítulo XIV de este mismo libro se presenta la experiencia del Proyecto Agroquímico de la Universidad Mayor de San Simón, en Cochabamba. Con objetivos ya cumplidos en lo referente a la creación de una industria boliviana de aceites esenciales, incluyendo el estudio, industrialización y comercialización a nivel internacional de varias especies autóctonas, esta experiencia resulta fundamental, y debiera tomarse como modelo para la concreción de proyectos semejantes en la región.

Pero ¿cuáles son las principales fortalezas y debilidades, oportunidades y amenazas detectadas en la región para este sector? Es conveniente analizarlas en detalle, para tener una idea cabal de la potencialidad de nuestro territorio, para emprender una actividad agroindustrial con plantas aromáticas autóctonas. Lógicamente no se puede dar una visión acabada de cada una de la regiones sudamericanas, pero del conjunto surgen tendencias y similitudes que son orientativas y pueden aportar experiencias ya pasadas en otros países.

<u>Fortalezas</u>

• La flora nativa sudamericana es un ejemplo de flora extremadamente rica en diversidad genética y variación olfativa. En su territorio se encuentran algunas de las zonas más ricas en biodiversidad del planeta, como el noroeste colombiano, o el este ecuatoriano, o la zona amazónica. Esta región posee además la variedad más grande de recursos forestales del mundo, y más de la mitad de su territorio son aún zonas silvestres (FAO, 1987).

• Las características anteriormente apuntadas presuponen una incomparable capacidad para implementar o desarrollar cultivos orgánicos, algo que se está valorando cada vez más

en los mercados consumidores.

• Es una de las regiones de nuestro planeta con menor área no aprovechable (zonas áridas y semiáridas) para la agricultura (aproximadamente el 9%, FAO, 1987), lo que habla de su riqueza edáfica y climática. Argentina representa una excepción, con el 30 % de su territorio dentro de esta clasificación.

• Las tradiciones populares de la región dan ejemplos de especies vegetales apreciadas por su fragancia.

• Preexiste en la región una agroindustria esenciera tradicional incipiente. Algunos países y para determinadas especies, como Brasil con la naranja o Argentina con la manzanilla alemana, han logrado una relevancia internacional. La esencia de petit grain y palo santo en Paraguay, la esencia de boldo en Chile, esencias de cabreuva, vassoura, copaiba y sasafrás (de *Ocotea*) en Brasil, el bálsamo de Tolú en Colombia, o el bálsamo de Perú en El Salvador, son productos que estos países exportan casi con exclusividad.

• Es un renglón importante para las economías de muchos países latinoamericanos, poco o medianamente desarrollados.

Debilidades

• Existen en relación a su potencialidad pocos antecedentes publicados sobre el valor aromático o la variabilidad genética de la flora autóctona regional.

• Las especies silvestres suelen ser difíciles de manejar bajo las condiciones de cultivos tradicionales, pues son propensas al ataque de plagas vegetales o animales.

• Mercado regional restringido. Costos de flete altos hacia mercados tradicionales.

• Medios de comunicación e infraestructura relacionada en general inadecuada (caminos, puertos, aduanas, aeropuertos), si no se aprovechan lugares estratégicos.

• Falta de concientización del pequeño productor de la importancia insoslayable de ofrecer una calidad internacional.

Oportunidades

• Se considera que existen unas 3 millones de especies vegetales en la tierra. De éstas, se han identificado botánicamente unas 55.000 especies. Y de éstas, un pequeño grupo ha sido exhaustivamente estudiado para conocer sus potencialidades para el aprovechamiento por parte de la humanidad (FAO, 1987). El estudio de las floras nativas seguramente dará nuevas alternativas de producción de esencias.

• En el momento actual es deseable encontrar nuevos productos aromáticos naturales: existe un interés mundial por el uso de productos naturales.

• Existe una necesidad de la industria perfumística de competir en base a la nove-

dad. Si se analiza el árbol genealógico de perfumes de los últimos diez años se observa una clara tendencia de demanda por notas frutales, florales y herbáceas, lógicamente relacionadas con los productos aromáticos naturales.

• Para lograr esto, es fundamental el conocimiento de las propiedades organolépticas de flores y frutos exóticos, vivos o extraídos de la planta. Son causa del desarrollo de nuevas sustancias de semisíntesis, al copiar o emular olores naturales. Si se quiere tener una idea de la importancia que la industria de sabores y fragancias le otorga a la potencialidad de la región latinoamericana en este aspecto, pueden leerse por ejemplo algunos resultados publicados por una expedición realizada en la Guayana Francesa (Kaiser, 2000). Con la ayuda de un dirigible, y con el auxilio de importantes recursos, equipamiento e infraestructura analítica, una empresa multinacional de fragancias de origen suizo logró en dicha oportunidad analizar los aromas de numerosas especies encontradas en el "techo" amazónico de la región. Toda la información lograda en esta expedición, tan alejada de los recursos tecnológicos que disponían aquellos primeros expedicionarios europeos que rastrearon nuestros territorios, sin lugar a dudas habrá justificado la inversión realizada.

• Es un rubro ideal para economías basadas en minifundios, donde el mejoramiento de la productividad de cultivos tradicionales no permitiría aliviar el problema económico rural, debido a la carencia de los recursos mínimos de tierra necesarios para la autosustentación.

• Representan un paliativo para lograr un desarrollo sostenible en las poblaciones campesinas o rurales de la región. Es una solución usada inclusive por países desarrollados, como Italia o Francia, siendo éste último uno de los líderes del mercado internacional, donde el 50% de los cultivos de aromáticas son de grupos familiares, un 15% son empresas nacionales y solamente un 35% son de empresas multinacionales.

• Si se eligen las especies adecuadas, son cultivos aplicables a zonas marginales, como regiones áridas, semiáridas, de montaña o de difícil mecanización agrícola, con imposibilidad de realizar cultivos extensivos. En Colombia por ejemplo, el 38% de las zonas agrícolas aprovechadas, son zonas de montaña (si se excluye el café es un 26%). Muchas especies aromáticas modifican su composición química en función de la altura. Por esto es importante evaluar la calidad de las esencias de estas especies en función de esta variable, en territorios como el peruano, boliviano, chileno o ecuatoriano, donde se observan enormes diferencias altitudinales. Pueden surgir así nuevas calidades de esencias con una calidad dependiente del origen geográfico, lo que las transformaría en productos con casi nula competencia.

• Es una agroindustria que se adecua a sectores campesinos con bajo nivel educativo. Se puede valorizar la mano de obra no calificada en zonas rurales mediante la implementación de tecnologías sencillas.

• Surge la oportunidad de aportar a la industria regional e internacional nuevas materias primas, sin pretender competir con las tradicionales.

• Un caso típico es el aprovechamiento de maderas aromáticas de reservas forestales, utilizando el aserrín de aserraderos ya existentes, si éstos previamente son clasificados.

• Se deben buscar nuevos aportes tecnológicos que mejoren la calidad de la pro-

ducción aromática regional (por ejemplo mejorar la calidad de los extractores ya existentes, o los sistemas de condensación de la esencia, u optimizar los gastos de combustibles y agua, etc.), nuevas especies explotables; diversificar la producción actual de esencias con nuevos productos para insensibilizarla o independizarla de las fluctuaciones de precio y demanda; fomentar el desarrollo de una agroindustria esenciera en regiones que aún no la tienen.

• Debiera considerarse el conocimiento tradicional de la flora y su uso que poseen muchas culturas regionales, la posibilidad de suplantar cultivos no deseables en algunas regiones (*Cannabis*, coca) o de baja competitividad internacional (por estrechos márgenes de ganancia, flete caro, calidad no aceptable, etc.), y la aptitud y voluntad para desarrollar una nueva actividad agroindustrial por parte de muchas colectividades o poblaciones.

• Cabe concluir diciendo que son una alternativa no tradicional, especialmente para las especies autóctonas. Y es muy factible su rentabilidad, aunque puede estar supeditada por la coyuntura de la economía globalizada actual. En una primera instancia, y para pequeños productores, debiera estar orientada para el mercado nacional o para un comprador puntual del exterior, y en la medida que la experiencia y el desarrollo del negocio lo justifique y avale, para el mercado mundial.

Amenazas

• Es necesario pensar en un desarrollo sostenible, analizando el potencial uso de las reservas sin provocar la amenaza de destrucción de los recursos biogenéticos.

• Es muy común en Latinoamérica subutilizar la selva natural, explotando muy pocas especies en forma intensiva, y desconociendo muchas otras especies que podrían explotarse criteriosamente. En Bolivia por ejemplo, se utilizan una decena de especies en el 95% de su producción maderera (Montes de Oca, 1997).

• Existe un cambio de actitud en el usuario: se buscan productos seguros y naturales: pero a veces se llega a confundir estos conceptos, que no están necesariamente relacionados.

• La extracción de material vegetal de la flora natural puede provocar la destrucción del hábitat (caminos, incendios, extracción de especies vecinas para alimentación, etc.) o, peor aún, la extinción de la especie explotada, si no es manejada con criterio.

• Si no es una especie novedosa, o no presenta alguna ventaja con respecto a las esencias tradicionalmente comercializadas, se puede sufrir una fuerte competencia de productos importados o de origen sintético.

El aprovechamiento de la flora silvestre, supone un estricto análisis de las condiciones de explotación. Desgraciadamente Latinoamérica posee uno de los mayores índices de degradación y reconversión de nichos ecológicos naturales hacia usos industriales del mundo. No obstante, se calcula que la mitad del suelo sudamericano está constituido por zonas silvestres.

Para terminar este tema, se darán algunos datos, entre los pocos que se pueden obtener en la región, sobre la agroindustria esenciera existente en algunos de los países sudamericanos. Se podrá tener una idea de sus dimensiones, y de las ofertas y necesidades de algunos de nuestros países.

Argentina: La superficie estimada para la producción de aromáticas en 1991/92 era de 83.000 ha, siendo 23.000 ha de *Citrus* spp., 16.000 ha de *Pinus* spp. para resinación y el resto (35.000 ha) para otras especies. En los años 2000/2001 la resinación de pinos en Argentina se restringió drásticamente, con una fuerte tendencia a la importación desde Brasil. Los más importantes cultivos actuales son: limón (33.000 ha, 2001), manzanilla (11.000 ha, 2001; en años anteriores había llegado a las 20,000 ha), citronela (llegaron a destinarse unas 4.000 ha, pero en la actualidad se redujo sensiblemente la superficie), pimiento para pimentón (1.300 ha, 2001), coriandro (2.000 ha, 2001), comino (1.400 ha), *Mentha* spp. (1.000 ha) y lúpulo (750 hs, 2001). En 2000, sin considerar la producción de cítrico y pinos, la superficie cultivada de aromáticas se estimó en 21.000 ha. Existen también cultivos menores de orégano, romero, hinojo, estragón, lemongrass, lavandín, anís, mostaza, eucaliptos, albahaca, tomillo, melisa, mejorana, etc. Estos cultivos producen unas 2.900 tn de esencia de limón (en 2001, 42 millones de US$, transformándose en uno de los mayores productores mundiales de esta esencia a partir de ese año), 30 tn de esencia de citronela (2000; en años anteriores se había llegado a las 400 tn/año), 400 tn (2001) de esencia de naranja dulce, 7.000 tn (2001) de flores de manzanilla, 2.600 tn (2001) de coriandro, 1.300 tn (2001) de pimiento para pimentón, 1.500 tn (2001) de lúpulo, y otras menos importantes.

El valor total de exportaciones por hierbas aromáticas y aceites esenciales ronda los 97.000.000 US$ (2001). Argentina necesita importar hierbas medicinales, plantas aromáticas y esencias por 48.000.000 US$, básicamente de especies tropicales que no puede producir. La pimienta es el principal renglón (2.000.000 US$), pero también clavo, nuez moscada, canela, azafrán, etc. Existe también un amplio mercado de plantas silvestres, aromáticas o medicinales, para uso en la industria alimenticia, licorera o farmacéutica. Existe también una producción de esencias de plantas silvestres aromáticas, como el palo santo 5/10 tn según el año (costo aprox. 15-30 US$/kg), *Tagetes minuta* (1/2 tn aprox., costo aprox.: 80-120 US$/kg).

Uruguay: Son importantes las producciones de esencias de cítricos (limón: 90 tn, naranja: 80 tn) y esporádicamente de *Eucalyptus globulus*. Genera una oferta de alcance regional. Exporta: esencias de limón (aprox. 33 tn en 1997), naranja (35 tn) y otros cítricos (20 tn en el mismo período) (Dellacassa, 1999). Las exportaciones totales están estimadas en unas 103 tn por un valor de 860.000 US$ (año 1997), aunque en años anteriores se llegó a superar el millón de US$ (Enrich, 1998).

Chile: Produce orégano (desecado), flores de manzanilla, cedrón, esencia de *Eucalyptus globulus* (30 tn/año, 2000) y otras especies (70 tn/año, 2000) y algo de flor de lavanda. En hierbas la exportación más importante es hojas de boldo (el 50% de las exportaciones en valores). Posee una reducida producción de esencias de algunas especies silvestres: *Peumus boldus*, *Schinus molle*. Ha realizado ensayos de resinación de pinos: *Pinus radiata* para la obtención de esencia de trementina. Exporta a EEUU de N.: esencias de Eucalyptus (2 tn en 1991) y limón (10 tn). En cuanto a las importaciones, en 1992 por ejemplo necesitó comprar del exterior unas 40 tn de coriandro, 240 tn de comino, 44 tn de cúrcuma, 120 tn de pimienta y 180 tn de pimentón.

Bolivia: Posee una experiencia reciente en producción, con muy buenas perspectivas de desarrollo. (ver el capítulo correspondiente más adelante).

Paraguay: Productor casi sin competencia de esencia de petit grain (300 tn en 2001, aunque llegó a exportar más de 400 tn por año)(IFEAT, 2002). También produce esencias de menta japonesa, citronela, palo santo (100 tn en 2001) y vetiver. Hay que tener en cuenta que existe un mercado no controlado prominente, que distorsiona muchos valores estadísticos, no solamente

del propio país, sino de las regiones limítrofes, fundamentalmente Argentina y Brasil. Las exportaciones de aceites esenciales representan casi el 2% de las exportaciones totales del Paraguay, con un valor de 11 millones de US$(1995).Exporta a EEUU de N. (1993):esencias de citronela (1 tn), *Mentha arvensis* (8 tn), petit grain (50 tn: más de 1 millón de US$); y mentol (entre 100 y 200 tn: de 4 a 8 millones de US$). Parte de este mentol es elaborado por recristalización de materiales importados.

Brasil: Uno de los principales productores mundiales. Principal renglón: esencia de naranja (unas 28.000 tn en 2001). La industria de cítricos brasileña se remonta a 1530 cuando los jesuitas iniciaron estos cultivos en la región. Pero también produce esencias de *Eucalyptus citriodora* (unas 900 tn en 2001, aunque posee unas 55.000 ha plantadas, por lo que se aprovecha menos del 25% de su capacidad), resinación de pinos (unas 8000 tn de trementina), esencias de bois de rose (esta producción ha declinado fuertemente, con una oferta estimada en 30 tn en 2001, ya que está en franca transformación (IFEAT, 2002), palmarosa, lemongrass, menta japonesa, vetiver, y en menor volumen esencias de especies autóctonas: cabreuva, vassoura, copaiba, sasafrás (*Ocotea* spp.), etc. Exporta a EEUU de N. (1993): esencias de naranja (10.000 tn: unos 13 millones de US$), limón (75 tn: alrededor de 1 millón de US$), otros cítricos (150 tn: 700.000 US$), palo rosa (30 tn: 650.000 US$), petit grain (22 tn: 700.000 US$), mentol (entre 35 y 100 tn/año: unos 2 millones de US$). Compárense estos valores con los volúmenes exportados por Brasil de cacao por ejemplo: 160.000 tn (1997/98). Posee en su territorio además una de las más grandes plantas de producción de mentol sintético. El solo hecho de poseer la porción más importante de la Amazonia permite avizorar la potencialidad de su territorio como generador de nuevas esencias.

Guatemala: Tiene una tradicional producción de cardamomo, lemongrass y jengibre, aunque la producción de lemongrass (en 1998 exportó a EEUU de N. unas 30 tn) ha sufrido una fuerte disminución por la agresiva competencia de China con la esencia de *Litsea cubeba*. La venta externa de cardamomo y su esencia le ha significado a este país el 1% de sus exportaciones, en valores monetarios para 1998 (Banco de Guatemala, 1999).

El Salvador: Produce más de las dos terceras partes de la producción mundial de Bálsamo de Perú (unas 100 tn anuales promedio de 1989 a 1999). Existe una producción incipiente de algunas esencias, como vetiver (200 ha, 600 kg en 2001), cascarilla (100 kg en 2001) (IFEAT, 2002), algunos cítricos y orégano mexicano (*Lippia graveolens*), con exportaciones a EEUU. de N. y Europa (Dürbeck, 1996). Aunque estas producciones tienen una casi nula incidencia sobre el mercado mundial, representan un interesante aporte para la economía local, gracias a la tecnología aportada por la GTZ de Alemania y al espíritu emprendedor de asociaciones salvadoreñas de pequeños productores.

México: Muy característica es en su economía la producción de esencia de lima, en el sur del país, de la que existen unas 80.000 ha. En 1997 se produjeron unas 700 tn de esta esencia. Las exportaciones más importantes son las esencias de lima (628 tn en 1997) y naranja (964 tn). Importa principalmente esencias de naranja (aprox. 240 tn, año 1997 (Bancomext, 1998)), limón (215 tn), citronela (245 tn), menta piperita (187 tn) y lavanda y lavandines (80 tn). Importó en 1997 en total unos 44,5 millones de US$. Es uno de los pocos productores de esencia de trementina en América (unas 8.000 tn/año), además de Honduras (ambos países con *Pinus oocarpa*), Brasil (10.000 tn a partir de *Pinus elliottii*) y en mucha menor cantidad Argentina (también *Pinus elliottii*) (en total Latinamérica produce un 22% de la trementina mundial elaborada a partir de la resina: 22.000 tn/año en 1999 (Morris, 2000).

Colombia: Tiene unos 600.000 km^2 de vegetación boscosa (más del 50% del país: 1.100.000 km^2 aproximados de superficie), de los cuales unos 60.000 km^2 están sin explotar aún. Incluye casi el 10% de las especies biológicas conocidas (entre plantas y animales): Se estima que tiene unas 55.000 especies en su flora nativa. Es uno de los 12 países con mayor diversidad mundial. Dispone de una gran variedad de ecosistemas y una riquísima flora. Con unos 30 millones de habitantes, tiene la tercer mayor extensión de cultivos permanentes en Latinoamérica, después de Brasil y Argentina, lo que supone una arraigada tradición agrícola en su sociedad. Por lo que solamente es necesario detectar en su territorio los asentamientos humanos que puedan estar favorecidos por un desarrollo de la industria esenciera.
Colombia importa unas 6 tn / año de esencia de eucalipto, unas 22 tn / año de menta japonesa, 20 tn / año de citronela, 0.5 tn / año de lemongrass. Exporta a Estados Unidos de Norteamérica: ajo y cebolla: 20 tn: 160.000 US$, e importa del mismo país volúmenes muy variables según el año de esencias como menta inglesa: 10 a 25 tn: unos 700.000 US$ (1995). Es el productor más conocido e importante del bálsamo de Tolú.

En su flora autóctona, existen algunas especies con posibles contenidos de esencia, aunque aún no estén bien evaluadas, como *Lantana boyacana*, *L. canescens*, *Artemisia sodirei* ("alcanfor"), *Lippia origanoides*, *Phyla scaberrima*, *Hura crepitans* , *Hippomane mancinella*, las flores de *Lagenophora andina*, las semillas de *Draba litamo*, con aroma sulfurado, *Anthoxanthum odoratum*, *Bulnesia carrapo* y *B. arborea* (guayacán) y *Capparis odorattissima* ("olivo") (García Barriga, 1974).

En este país debiera considerarse trascendente el volumen de flores no usadas en industria florísticas por baja calidad visual. Solamente el mercado de rosas en Colombia representó una exportación de alrededor de 450 millones de US$ en 1994. Esta industria, que en Colombia ocupa directa o indirectamente unas 65.000 personas, bien podría diversificar su oferta internacional con el estudio de sus deshechos o descartes. Algo similar podría evaluarse con las frutas tropicales comercializadas.

Capitulo IV

Pautas para la selección de nuevos materiales aromáticos

Uno de los objetivos de este libro es despertar el interés en la región sobre la potencialidad que tiene la flora aromática americana nativa como fuente de materias primas para las industrias de sabores y fragancias. En esta sección explicaremos con más detalle cuáles son las pautas a tener en cuenta para su evaluación.

Es difícil encontrar nuevas materias primas que despierten el interés de una industria como la de sabores y fragancias. Deben considerarse para ello dos aspectos que caracterizan a este rubro: la primera es su especial ortodoxia en la adquisición de materiales. Difícilmente una empresa de este ramo modificará los parámetros de calidad de sus materias primas, pues son éstos los que le permiten certificar la calidad que se identifica con su marca o sus productos. A tal extremo se observa esta regla, que muchas veces se usa un único proveedor o un número limitado de ellos para cada materia prima, como una manera de asegurar la menor variabilidad en su calidad, y de diferenciarla ante posibles competidores. Sin embargo, cualquier industria estará abierta a una oferta de un producto tradicional, pero de menor precio o de mejor calidad. Y esto se puede lograr por ejemplo con una planta aromática que rinda mayor cantidad de esencia por hectárea que otra, o con mayor pureza en algún componente estratégico.

La otra característica de esta industria es la necesidad de lanzar continuamente nuevos productos, lo que la hace ávida de nuevas materias primas. Es uno de los recursos que más usa para lograr nuevos mercados. Esta búsqueda ha sido siempre un desafío para la industria, que inicialmente lo resolvía con la búsqueda de información bibliográfica o etnobotánica (estudio de los usos dados a las plantas y su interrelación con las distintas culturas) y la prospección de las floras aromáticas. Posteriormente comenzaron a aplicar nuevas tecnologías, como ser nuevos procedimientos de extracción (con disolventes especiales, con fluidos supercríticos o por microondas). Luego se evaluaron los olores mismos presentes en las plantas vivas por las técnicas de *head space* o análisis de volátiles. Y en nuestros días, casi como un símbolo de esta tendencia y la necesidad constante de actualización y progreso, se han llegado a utilizar los viajes espaciales para evaluar las posibles modificaciones que puedan surgir en el metabolismo de plantas aromáticas como la rosa, creciendo en el vacío total (Braginski, (1998) y González, (1999).

Debe tenerse en cuenta que no es la naturaleza la única fuente de obtención de nuevos productos aromáticos. Aún en la actualidad la industria química de síntesis sigue siendo la principal proveedora de novedades, aunque cada vez más lo hace inspirándose en la naturaleza. Otras vías de generación de nuevos materiales son reacciones específicas (de Maillard y pirólisis por ejemplo) y la biotecnología, que ha tenido un gran impulso en los últimos años al ofrecer al mercado sustituyentes naturales de muchos productos obtenidos originalmente por síntesis. Donde más éxito tuvo la biotecnología es en la producción de moléculas sencillas como alcoholes, aldehidos, cetonas y ésteres de bajo peso molecular y con isomerías específicas, y en la elaboración de

determinados sabores como los de queso, alimentos cocinados o imitaciones de algunos aromas naturales específicos. Muchos países ya tienen legislaciones específicas para los productos de origen biotecnológico. En general, cuando las materias primas de que se parte (los sustratos) son naturales (los nutrientes pueden ser de cualquier origen), los procesos se asemejan a los procesos fermentativos o enzimáticos tradicionales (producción de pan, quesos, cerveza, yogur, etc.) y los productos resultantes existen en la naturaleza, se los considera como productos naturales. Aunque la alternativa biotecnológica está en franca expansión, requiere de un paquete tecnológico, recursos humanos especializados y de una inversión en desarrollo muy superior a la agroindustria esenciera tradicional. Por estos no parece lógico postular una competencia entre ambas tecnologías.

Antes de aceptar un nuevo producto, las grandes empresas exigirán una serie de requisitos que básicamente tienden a garantizar la seguridad de su uso y la homogeneidad de su calidad. Con el fin de orientar la búsqueda de nuevos materiales aromáticos hacia las especies más adecuadas para dicho fin, conviene clasificarlas a las plantas en cinco categorías:

1. **Especies cultivadas y aprovechadas por sus características aromáticas**: como las mentas, citronela, orégano. Son las que representan actualmente el mayor porcentaje del mercado internacional de productos aromáticos de origen natural. Como elementos novedosos en esta categoría, podrían encontrarse clones de especies conocidas con mejores calidades de esencia o mejoras en el manejo agronómico o postcosecha, para lograr mayor rendimiento.

2. **Especies cultivadas pero no aprovechadas por sus propiedades aromáticas**: Muchas especies maderables cultivadas contienen aceites esenciales pero son utilizadas solamente para otros fines, por su madera, su fibra, sus frutos, como sombra o protectores de vientos. El aserrín que se suele quemar en los aserraderos podría utilizarse como materia prima para la obtención de productos aromáticos, aprovechando un desecho que podría agregar valor a la producción de madera. Es un caso de subexplotación, que necesita solamente de un criterio económico o de una visión polifacética para su desarrollo. Muchos campos utilizan especies como los *Eucalyptus*, Coníferas, *Acacia*, *Schinus*, y otras plantas para delimitar potreros, o proteger cultivos de los vientos, pero también estas plantas podrían ser utilizadas para la producción de esencias. Otras plantas de gran consumo en otras actividades, pueden ser productoras de materiales aromáticos: los extractos, resinoides o absolutos de mate (*Ilex paraguariensis*), café, cacao, cúrcuma y pimienta son ejemplos de esto.

3. **Especies silvestres (es decir no cultivadas) aprovechadas**: En este renglón se deben incluir todas aquellas plantas aromáticas silvestres que son utilizadas con fines industriales, como es el palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), la cabreuva (*Baccharis coridifolia*), orégano mexicano (*Lippia graveolens*); peperina (*Mynthostachys mollis*), etc. Estas especies, al ser explotadas y no cultivadas, suelen estar amenazadas en su conservación. Solamente se justifica la permanencia de una especie en este rubro si su población natural existente es suficientemente amplia como para permitir un manejo sustentable de su explotación, debido a su fácil o rápida reproducción, a su gran dispersión geográfica, o a la política regional aplicada para conservar su existencia. Aunque por definición son especies ya explotadas, el hecho de pertenecer a poblaciones naturales permite suponer que presentan una variabilidad genética más o menos importante, según el caso. Del estudio de esta biodiversidad intraespecífica pueden surgir valiosas calidades económicamente competitivas con respecto a la calidad habitual.

4. **Especies silvestres no aprovechadas**: Se pueden diferenciar entre las autóctonas de una región y las aclimatadas. Las especies autóctonas son las típicas de una región, mientras que las aclimatadas son propias de otras regiones pero que se han adecuado al nuevo ambiente. En este ítem es donde prioritariamente más se debiera orientar la búsqueda de nuevos productos, porque es muy probable que se obtengan verdaderas novedades para la industria. Todos los países latinoamericanos tienen por tradición de uso o por conocimiento científico un sinnúmero de especies silvestres con reconocidas propiedades aromáticas. Y por otro lado, dentro de la flora autóctona, muchos de nuestros países poseen una riquísima variedad de especies aún por conocer, y donde seguramente se podrán encontrar novedades aromáticas.

Si lo que se está evaluando son especies silvestres, deberá intentarse una domesticación de las mismas, su identificación clonal, y un desarrollo del paquete tecnológico para su manejo agrícola, a los fines de implementar una utilización sustentable de su explotación industrial, y un aseguramiento de su homogeneidad. Pero si se considera que existe una población natural suficientemente extendida y de una calidad homogénea, lo que habrá que hacer es evaluar qué tiempos requieren dichas poblaciones para regenerarse después de una cosecha, y en qué medida la explotación racional y controlada de las distintas poblaciones afectará el ecosistema y la biodiversidad de la especie. Esta alternativa conlleva serios riesgos de no lograr resultados satisfactorios en un tiempo razonable desde el punto de vista económico, por lo que normalmente se sugiere intentar primero la vía de la domesticación y cultivo.

No todas las especies que se analicen químicamente por primera vez resultarán una novedad para la industria. Más aún, debe tenerse en cuenta que no es fácil encontrar nuevas alternativas olorosas, teniendo en cuenta el amplio espectro aromático que ya se conoce en el mercado. Se considera que hay cinco caminos principales para aportar una nueva fuente de aromáticos:

a) **Oportunidad de identificar una nueva fuente** de algún producto ya conocido, y que resulte competitivo por menor costo de producción, por disponibilidad de mayor volumen biomásico, o por mejor o distinto olor / sabor. Por ejemplo puede ser valioso identificar una planta arbustiva que provea una esencia similar a la obtenida con una especie arbórea, con un alto rendimiento de biomasa por hectárea, con un contenido en aceite esencial superior al normalmente aceptado para especies afines, con un alto contenido de algún componente, o con una aroma más limpio, libre de notas secundarias indeseables, etc.

b) **Oportunidad de identificar nuevas notas olorosas**, hecho que es tan difícil de lograr como exitoso para comercializar. La industria de fragancias y sabores dispone de un amplísimo espectro oloroso que no puede ser caracterizado en una clasificación que facilite su interpretación o conocimiento. En un capítulo posterior se explicará con más detalle este fenómeno, y se verá cómo a pesar de existir tal espectro, es siempre factible encontrar nuevos acordes aromáticos.

c) **Oportunidad de encontrar una planta con un alto contenido** de algún compuesto industrialmente útil. Ya sea para aislarlo y usarlo puro, o para sintetizar a partir de dicho producto otros compuestos usados en la industria de perfumes, sabores, o en medicina, el agro, en alimentos, como insecticidas, etc. En este caso lo que suele valorarse en forma significativa es la especificidad en la configuración espacial de ciertas estructuras naturales que resultan, si no imposible, muy complejas o costosas de elaborar por la vía

sintética. Lawrence (1985a y 1992) publicó sendas revisiones muy interesantes sobre este asunto, aclarando que la mayoría de las especies por él citadas pueden ser cultivadas, y que varios de los ejemplos planteados provienen de quimiotipos o razas químicas detectadas solamente en algunos países, regiones o áreas geográficas particulares.

d) **Oportunidad de encontrar compuestos aromáticos** que sirvan de modelo para nuevas estructuras químicas, capaces de ofrecer al químico nuevas rutas sintéticas o nuevas estructuras olfativamente valiosas. Este camino para la búsqueda de nuevos aromáticos se está usando cada vez más, porque relaciona la variabilidad casi infinita de la naturaleza, generadora de nuevas estructuras, con el arsenal metodológico de la química fina, para la modificación estructural y adecuación a moléculas con especificas propiedades organolépticas. El aislamiento de derivados de las damasconas en flores de *Acacia*, *Rosa* y en frutos varios, o los derivados semisintéticos inspirados en la composición química del leño del sándalo (*Santalum album*), son algunos ejemplos ya clásicos en la industria perfumística de novedosas sustancias encontradas por primera vez en los últimos años en esencias conocidas desde hace siglos y que fueron inspiración para familias de nuevas materias primas aromáticas.

e) **Oportunidad** de encontrar un producto con algún **atributo deseable agregado** a sus características olfativas. Estos atributos pueden ser desde un efecto cosmético determinado (poder antiséptico o astringente por ejemplo) hasta una propiedad específica, como un efecto repelente de insectos, buena sustantividad sobre telas, buena estabilidad térmica o ante oxidantes, etc.).

El camino de encontrar nuevos materiales aromáticos es posiblemente el más complejo desde el punto de vista técnico. En este caso lo importante es detectar cuáles son los componentes que otorgan a la planta el olor o el sabor particular. Y para ello muchas veces hay que ahondar en el análisis de los productos aromáticos que se encuentran en menores proporciones, llegando a identificar hasta sustancias que se encuentran en partes por millón o por billón, concentraciones que bordean los límites de sensibilidad de las tecnologías modernas de análisis. Más aún, existen casos publicados en la bibliografía donde hubo que trabajar con decenas de litros de esencia para poder aislar algunos miligramos de una sustancia aromática. Y estos estudios no se hacen por capricho, sino porque estos compuestos minoritarios de las esencias suelen ser los más interesantes para la evaluación olfativa. Existen varias revisiones con ejemplos de estos compuestos; publicadas por algunos de los más conocidos expertos de la industria de fragancias, (Ohloff, 1977; Mookherjee, 1992; Boelens, 1996).

Hasta ahora siempre se ha hablado de detectar nuevos aceites esenciales. Pero existe otra alternativa de generar un nuevo mercado con productos ya conocidos. La opción es *crear* la demanda ofreciendo algo ya conocido pero con ciertas prerrogativas. Explicar las metodologías para lograr esto escapa de los objetivos de esta obra, pero sí se pueden dar algunas vías posibles. La más usada es a través de una campaña promocional, donde se aprovechen algunas particularidades o ventajas de ciertas esencias para determinados usos. El desarrollo de una fragancia que identifique a una región o un país (la lima de México, el petit grain de Paraguay, el boldo de Chile. el cardamomo de Guatemala) puede resultar en una oferta para zonas turísticas. En varias regiones argentinas se han desarrollado pequeñas agroindustrias esencieras que aprovechan esto. Otra posibilidad es el uso de la llamada *denominación de origen* para certificar una calidad definida. Otra es la explotación de tradiciones o costumbres basadas en productos aromáticos, como la promocionada desde Tahití con la esencia de las flores nativas de tiare, *Gardenia tahitensis*, usadas en estas

islas en combinación con el aceite de palma en numerosas formulaciones cosméticas tradicionales.

Una vez detectada una nueva fuente de productos aromáticos, existen otros parámetros que deben también ser considerados, a los fines de evaluar con un criterio amplio la posibilidad de explotar dicha especie a nivel industrial. Los factores más importantes en este aspecto son:

a) Disponibilidad de material silvestre homogéneo: Es un factor fundamental cuando el acopio inicial de material vegetal se hace a partir de material silvestre. Entendiéndose por homogéneo que tenga una composición en aromáticos lo más parecido posible entre individuos, o entre poblaciones, o en distintos biotas, y con un rendimiento en producto aromático constante.

b) Factibilidad económica de cultivo: posibilidad de domesticación, comparación de la rentabilidad con cultivos tradicionales. Evaluación de su cultivo en áreas marginales (zonas áridas, montañosas, pantanosas).

c) Factibilidad económica de industrialización: Evaluar si es más rentable su industrialización (extracción de la esencia) o la comercialización de la planta misma, fresca o desecada.

d) Disponibilidad de volumen según demanda esperada: Si bien los mercados para estos productos no son grandes, también hay que prever que se debe producir para una escala mundial, y no solamente local. Además, una mayor escala de producción permite abaratar sensiblemente el precio de un producto caro, haciéndolo más accesible a otros mercados o para otros usos. Es necesario una ajustada evaluación económica para ponderar este aumento de la demanda en función de una expansión de la oferta, pues en ciertos casos no es rentable la industrialización de una planta aromática porque su mercado es reducido, y esto solamente se debe a un precio no adecuado para aumentar su demanda. Existen datos publicados donde se ve que una reducción de precio de una esencia se acompaña de una expansión de su volumen de consumición.

e) Relación precio/calidad: Debe pensarse en la posibilidad de competir con productos ofrecidos por la industria de síntesis, que en definitiva puede ser la que fija el precio máximo obtenible en el mercado. Una esencia de vetiver por ejemplo, sigue teniendo un valor alto en el comercio porque no existe un sustituto sintético que la reemplace. Y una esencia con alto contenido de citral, como el lemongrass, no puede ser mucho más cara que un citral sintético.

f) Aceptabilidad internacional: Existen varios factores que necesariamente deben cumplirse para que una producción o un nuevo producto sea aceptado a nivel internacional. Los dos más destacables son calidad y cantidad. Nadie intentará en el mercado internacional comprar una materia prima nueva si no tiene la seguridad de que dicho producto será siempre igual en calidad, y si no se asegura una disponibilidad en cantidad acorde con las necesidades. Lógicamente, e independiente de estos dos factores básicos, también deben cumplirse condiciones de confiabilidad (buena conducta comercial) y competitividad (buen manejo de las relaciones costo / calidad / oportunidad).

g) Evaluación de su inocuidad como materia prima en sabores o perfumes. En este último caso puede no ser crítico según el uso final propuesto: potpourri, velas, insecticidas, química fina, etc. Para materias primas usadas en fragancias, las pruebas que se exigen son: irritabilidad dérmica (aplicación 10 veces repetida de una solución al 5% del producto sobre ratones pelados) y ocular (instilación de una solución al 5% del producto sobre el ojo de conejo, expuesto durante 30 segundos), fototoxicidad (aplicación del producto sobre la piel dorsal de un ratón pelado) y

alergenicidad (ensayado sobre hamsters). En el caso de materias a ser usadas para sabores, es importante además conocer su toxicidad aguda (dosis letal 50: LD50) y crónica, o efectos fisiológicos probables.

h) Registro legal para su uso: En función de los resultados obtenidos en los ensayos citados en el punto anterior, un nuevo producto puede ser incluido en las listas internacionalmente aceptadas, que certifican en mayor o menor medida la inocuidad de su uso. La categorización GRAS, por ejemplo, certifica que el producto ha sido reconocido como normalmente seguro. Independientemente de estas actuaciones, muchos países exigen un registro en sus Códigos Alimentarios respectivos, para que puedan ser utilizados como productos saborizantes.

La búsqueda de nuevas alternativas olorosas puede analizarse desde otro punto de vista, destacando cuáles son las principales causas encontradas que han limitado el aprovechamiento de nuevos productos aromáticos. Es decir evaluar cuáles son los problemas más comunes que tuvieron algunas esencias para lograr un éxito comercial. En este sentido pueden citarse como ejemplo:

• igualdad de composición química y costo de producción con productos ya comercializados.
• irrelevancia de la calidad organoléptica del nuevo producto, por asemejarse a notas ya conocidas o existir productos competitivamente mejores.
• existencia de productos sintéticos competitivamente mejores.
• dificultades en el aprovisionamiento regular de la materia prima necesaria, o en asegurar una calidad homogénea, una estabilidad apropiada o una cantidad adecuada y exigida por el mercado.
• A veces estas limitaciones son sólo válidas para determinados países, o en determinadas circunstancias temporales. Es decir que evaluar la oportunidad es otra faceta de estos emprendimientos.

De todas maneras, cuando lo que se pretende es competir con productos ya comercializados, la evaluación debe hacerse con mucho cuidado. Un ejemplo típico son las especies productoras de safrol. Se calcula que existe una demanda mundial de unas 2.000 tn / año de este producto, utilizado principalmente para la síntesis de heliotropina y butóxido de piperonilo. La heliotropina es una materia prima tradicional en perfumería y sabores; y el segundo producto es un sinergizante de las piretrinas naturales, usado en insecticidas. Las dos fuentes más usadas para la obtención del safrol son las *Ocotea* (*O. speciosa*) de Brasil y las *Cinnamomum* (variedades de *C. camphora*) de China (Maia y col., 1993). Existen innumerables especies en la región sudamericana con altos porcentajes de safrol y altos rendimientos de esencia. Sin embargo, habrá que pensar que, para competir en este terreno, habrá que emular a algunas especies ya cultivadas de *Cinnamomum* chinas o *Piper* brasileñas con un rendimiento de 3 a 4 % de esencia y con 90 a 97% de safrol (ver también Lawrence, 1992).

Es fácil advertir que no existe una limitación *a priori* que permita discriminar el interés industrial de una especie vegetal por su calidad aromática. La única alternativa válida es la evaluación crítica, por parte de expertos, de su composición química, sus características organolépticas, y otros factores relacionados como: inocuidad, homogeneidad poblacional, facilidad de domesticación de la especie, rendimiento de producto, exigencias regulatorias o legales, etc. Solamente un estudio multidisciplinario y programado permite descubrir nuevas especies aromáticas.

En el desarrollo del Proyecto CYTED que dio origen a este libro, se ha propuesto un modelo de gestión que oriente al analista sobre cuáles deben ser los pasos a seguir para identificar a las especies más promisorias para un desarrollo industrial a partir de su calidad aromática. Con

este objetivo se diagramaron cinco protocolos de trabajo.

El primero de ellos describe las pautas mínimas a considerar para la caracterización de una especie aromática industrialmente viable. Cada elemento descriptor o parámetro se define con un valor finito, que pondera la importancia de dicho descriptor en la valoración total de la planta. La suma de estas ponderaciones da un número que, sobre un máximo posible de 44 puntos, permite interpretar qué grado de interés puede tener dicha planta a nivel industrial (figura 1). Cuanto mayor sea el valor, mayor el interés que puede tener dicha especie. Esta puede ser una primera aproximación para el desarrollo de un nuevo producto aromático de origen vegetal.

Los parámetros que se han considerado en este esquema de trabajo son los siguientes:

a) Criterios Etnobotánicos: Existen dos fuentes de información que son imprescindibles para reconocer la trascendencia que pueda tener una planta aromática en la cultura de una región. Estas fuentes son el conocimiento popular y las publicaciones donde haya sido catalogada esta información. El uso común o el conocimiento popular de una especie por sus características aromáticas, es una señal clara de la relevancia que pueda tener su estudio. Más aún, la simple lectura de publicaciones científicas sobre las floras de la región, dan ejemplos típicos de especies aromáticas de indiscutible interés. Si una especie no ha sido nunca citada ni es conocida por sus características aromáticas, es mucho menos probable que sea interesante estudiarla.

b) Criterios Botánicos y Ecológicos: En este rubro hay muchas variables que deben considerarse. Es importante saber si la especie proviene de una familia reconocida como osmótica, como es el caso de las Labiadas, o las Verbenáceas. Lo mismo ocurre a nivel de género, pero con una mayor significancia: si hay dentro del género especies aromáticas, la especie desconocida también muy probablemente lo sea, como consecuencia de una más estrecha relación taxonómica.

Otro aspecto importante a considerar es el tamaño de la población considerada y la facilidad de acceso a la misma. No es lo mismo estudiar una especie que crece en una sola zona de un país, o solamente a más de 3.000 metros de altitud, que otra que está difundida en toda América.

Resulta fundamental conocer también la experiencia que se tenga sobre la domesticación o cultivo de la especie, el porte de la planta, cuál es la parte útil (el uso de las partes reproductivas o subterráneas puede complicar el procesamiento agrícola e industrial, o amenazar la conservación de una especie silvestre) y la velocidad de crecimiento.

c) Criterios fitoquímicos: Si se tienen antecedentes sobre el estudio de los componentes aromáticos de una especie, aunque sean precarios o insuficientes, pueden acelerar u orientar el trabajo. Y dentro de estos antecedentes son fundamentales los que hayan evaluado las características organolépticas y los que hayan evaluado la variabilidad genética del material. Un factor trascendente es el rendimiento en el producto aromático.

d) Olor: Por ser la variable que otorga el valor comercial al producto, su ponderación debe tener casi el mismo peso que cualquiera de los otros criterios.

Los restantes protocolos son usados en la evaluación inicial de la especie seleccionada. El segundo protocolo (figura 2) trata de identificar con precisión la muestra a estudiar, y detalla los principales parámetros que pueden tener influencia en la calidad de un material a analizar, describiendo los siguientes puntos: identificación botánica precisa del vegetal, incluyendo el nombre del botánico que realizó la identificación y la ubicación del ejemplar de herbario que lo certifica, parte de la planta utilizada, lugar (longitud, latitud y altitud), fecha y hora de recolección, tipo de

suelo y clima del lugar, descripción del hábitat, un análisis aunque sea somero de la población donde se obtiene el material, características fenotípicas y estado fenológico de la planta en el momento de la cosecha.

El tercer protocolo (figura 3) se refiere al proceso de extracción de la muestra. Ya identificado el material por el protocolo anterior, se procede a dejar constancia del tratamiento con que es sometida dicha muestra, desde el tipo y condiciones de secado, hasta los parámetros físicos elementales del aceite esencial obtenido. El último ítem incluido, la densidad aparente del material vegetal en las condiciones de extracción, resulta muy útil para dimensionar un destilador a escala de producción. También se describe en este protocolo las condiciones de envasado y almacenamiento de las muestras de aceites esenciales obtenidos, con el fin de lograr una aceptable estabilidad del producto.

El cuarto protocolo (figura 4) permite registrar el análisis químico del producto aromático obtenido, y el quinto (figura 5) su evaluación organoléptica. Para esta última tarea se consideraron cuatro factores primordiales: en primer lugar la descripción tácita de las principales características organolépticas de la muestra (notas de salida o cabeza, notas centrales y de fondo, fuerza y persistencia). Con estos elementos ya se puede dar una evaluación básica sobre el producto, clasificándolo como: sin valor comercial, de escaso valor, interesante, muy interesante o excepcionalmente interesante. En segundo lugar, y teniendo en cuenta la descripción anterior, se propone una escala arbitraria de precios, para que el evaluador pueda estimar qué valor máximo podría tener el producto como para que se justifique su comercialización, si solamente lo ha considerado de escaso valor. Por supuesto que los productos clasificados como muy interesantes o excepcionalmente interesantes seguirán siéndolo aún con valores altos de comercialización. El tercer factor que es necesario documentar en la apreciación organoléptica es si el evaluador considera que usaría este producto y para qué lo haría. Y finalmente, como último criterio de estimación, se le pregunta al evaluador si considera que el producto merece ser estudiado con mayor detalle para su aprovechamiento industrial, y con qué condicionantes, si los hubiera.

Estos cinco protocolos constituyen un registro básico para la identificación, caracterización y evaluación de un aceite esencial, y documentan su propiedades y sus posibilidades comerciales. Queda así caracterizado un potencial producto para comercializar. El siguiente paso debiera ser asegurarse que se pueden cumplir con los requisitos ya enunciados para lograr la penetración del nuevo producto en el mercado. Esto requisitos son:

- **Disponibilidad de material homogéneo**. Cuando el producto se obtiene a partir de un cultivo, esta variable casi desaparece. Cuando el material es de origen silvestre, las posibilidades de variabilidad en la calidad son demasiado grandes como para no evaluarlas previamente. La mejor manera de acotar este problema es llegando a **normalizar la calidad** del producto, es decir certificar mediante una *norma* (que puede ser propia de un productor o industria, o tener carácter regional o nacional) cuáles serán las características mínimas y los intervalos de variación aceptados para que un aceite esencial esté dentro de los parámetros considerados como admisibles. Para llegar a esto es necesario realizar numerosos y periódicos análisis de la calidad de la esencia, a través de varios años, y considerando todas las variables posibles que puedan afectarla. Resultará extremadamente deseable tener identificados a los componentes que definen las características organolépticas de la esencia, o su valor comercial, porque la cuantificación de los mismos será uno de los principales requisitos de calidad en la norma. Si no se logró identificarlos, será necesario fijar algunos parámetros globales (contenido de alcoholes o ésteres totales, por ejemplo) o la definición de un perfil cromatográfico típico.

Solamente un estudio estadístico y pormenorizado podrá permitir dictar una norma aceptable. Pero una vez logrado, significa un fuerte respaldo técnico que facilita sustancialmente la comercialización del nuevo producto, tanto a nivel local como internacional.

• **Evaluación de su inocuidad como materia prima en sabores o perfumes**. Además de los estudios previamente descriptos, es importante considerar los antecedentes etnobotánicos de la esencia o la planta que la origina, como una manera de avalar la seguridad o inocuidad de su uso. Algunas esencias son tóxicas o peligrosas para ser usadas en perfumería y sabores solamente en ciertas circunstancias (por ejemplo obtenidas con determinados métodos de extracción como la esencia de *Betula* sp., o cuando provienen de determinadas especies o regiones donde puede predominar una variedad rica en algún compuesto tóxico, como la esencia de *Costus* obtenida de la *Saussurea lappa* (IFRA, 1999). Por este motivo se reitera la necesidad de conocer exhaustivamente la variabilidad de la esencia, como una manera de resguardar la seguridad en su uso a través de parámetros normalizados de calidad. En estas circunstancias, la norma de la nueva esencia deberá fijar también sus condiciones de obtención (a partir de cuál o cuáles especies, o de qué regiones, de qué parte de la planta, con qué método de extracción, o solamente aprovechable después de qué método de purificación, etc.), para garantizar la inocuidad de su uso.

• Registro legal para su uso. Es una garantía mayor de seguridad. Una vez lograda la norma de calidad de la esencia, debería tantearse la posibilidad de registrar el nuevo producto en documentos oficiales o legales, como los Códigos Alimentarios, las Farmacopeas, o las listas oficiales de productos aceptados para su consumo en cosmética. Para cumplir con esta última condición, es imprescindible disponer de la norma de calidad y el estudio de inocuidad mencionados. No obstante estos antecedentes, algunos países son fuertemente refractarios a aceptar una nueva materia prima, hasta no tener una abundante experiencia que permita avalar con un alto margen de seguridad la eficacia y la inocuidad del nuevo producto. Entre los estudios accesorios que se pueden requerir están: ensayos sobre interacciones con otros productos, efecto en el embarazo (mutagenicidad), lactancia o infancia, efecto sobre pieles sensibles o personas alérgicas, toxicidad crónica, etc. Muchos de estos estudios requieren años de investigación y una muy fuerte inversión. De acuerdo a la legislación europea por ejemplo (Directiva CEE, 1992) la notificación de inocuidad exigida en esta región puede requerir un presupuesto de unos 150.000 US$. Por este motivo existen en el mercado muchos aceites esenciales que se están usando en la industria de sabores y fragancias, aunque no tengan aún un registro legal de validez nacional o internacional, lo que le abriría el mercado en forma exponencial.

A partir de este punto, deberá iniciarse una tercera etapa en el desarrollo de un proyecto tendiente a su elaboración, donde deberá evaluarse la factibilidad técnica y económica de producirlo, la oportunidad y la rentabilidad del proyecto. En un capítulo posterior se analizará la estrategia para esta segunda etapa.

PROYECTO IV.6: FLORA AROMATICA LATINOAMERICANA			
PROTOCOLO 1 **CRITERIOS DE SELECCION DE ESPECIES A ESTUDIAR**			
Criterios Etnobotánicos	Conocimiento popular	difundido	2
		conocido	1
		escaso	0
	Citación bibliográfica	difundida	2
		escasa	1
		nula	0
Criterios Botánicos y Ecológicos	¿Familia tradicionalmente osmótica? [1]	SI	1
		NO	0
	¿Género tradicionalmente osmótico?	SI	2
		NO	1
	¿Crece en más de un país?	SI	3
		NO	1
	Distribución geográfica	amplia	2
		reducida	1
		fácil acceso	1
		difícil acceso	0
	Densidad poblacional	alta	1
		baja	0
	Domesticación (experiencia en cultivos)	fácil	2
		difícil	1
		conocida	2
		desconocida	1
	Porte de la Especie	arbórea	1
		hierba / arbustiva	2
		simbiótica	0
	Parte útil [2]	aéreas	2
		flores o frutos	1
		subterráneas	0
	Reproducción	sencilla	2
		compleja	1
	Crecimiento	rápido	2
		normal	1
		lento	0
Criterios Fitoquímicos [3]	Estudio previos sobre la esencia	SI	1
		NO	0
	Rendimiento de la parte útil sobre peso seco de la planta	>20%	2
		5-20%	1
		<5%	0
	Rendimiento de esencia sobre peso seco de la parte útil	>1%	3
		0.5 a 1%	2
		<0.5%	1

	¿Contiene resina?	SI	1
		NO	0
	Evaluaciones organolépticas previas	SI	2
		NO	1
	¿Se conocen quimiotipos o razas químicas?	SI	1
		NO	0
Olor	fuerte [4]	SI	2
		NO	1
	persistente [5]	SI	2
		NO	1
	distintivo [6]	SI	2
		NO	1
	variable según	estado fenológico	1
		hora	1
		individuo	2
Especie:		**Código:**	
PUNTAJE FINAL (máximo 44 puntos):			

NOTAS:
1: Osmótico: que produce un olor determinado.
2: Parte útil: si es más de una, hacer evaluaciones por separado para cada parte.
3: Criterios fitoquímicos: Si se desconoce alguno, considerar valor 0.
4: Olor fuerte: Es notorio en el hábitat donde crece, o satura el ambiente donde se guarda el material.
5: Olor persistente: Perdura el olor por varios días.
6: Olor distintivo: Es característico de la especie, y difícilmente comparable a otro olor.

Figura 1: Protocolo 1 del Proyecto CYTED IV.6

PROYECTO IV.6: FLORA AROMATICA LATINOAMERICANA

PROTOCOLO 2

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Familia		Código de muestra:	
Género, especie, otros taxa			
Nombres vernáculos			
Recolectada por - Clasificada por			
Código y Número de herbario			
Fecha de recolección - hora			
Población - Provincia - País			
Latitud - Longitud - Altitud			
Parte de la planta			

Suelo	topografía			
	tipo			
	pH			
Clima	temperatura media			
	humedad			
	precipitaciones			
Hábitat	Descripción			
Análisis poblacional	abundancia			
	densidad			
	especies acompañantes			
Características de la especie	tipo	hierba	arbusto	árbol
		trepadora	otra:	
	ciclo de vida	anual	bianual	perenne
	usos populares			
Características del individuo	estado fenológico			
	altura			
	estado sanitario			

Peso de la muestra fresca	

Observaciones:

Figura 2 : Protocolo 2 del Proyecto CYTED IV.6

PROYECTO IV.6: FLORA AROMATICA LATINOAMERICANA			
PROTOCOLO 3 **EXTRACCION Y MUESTREO**			

Especie:

Parte usada: **Código:**

MATERIAL			Condiciones de secado / oreado		
fresco	oreado	seco	Tiempo:		1º:
Fecha de la extracción			Protocolo nº		
Laboratorio			Operador		

Procesos pre-extractivos:		
Peso de la muestra en condiciones de extracción:		
EXTRACCION		
Humedad % de la muestra [1]		
Cantidad usada (mínimo 1 kg)		
Molida	SI	
	NO	
Picada	SI	
	NO	
Equipo usado		
Condiciones de extracción	volumen	
	disolvente	
	temperatura⁰	
	tiempo (min.)	
	agitación (rpm)	
	cantidad de extracciones	
Rendimiento de esencia	g	
Rendimiento sobre material seco	%	
Densidad aparente [2]		

NOTAS:
1: No corregido por contenido de esencia, determinado a 105º, hasta peso constante (?0.5%).
2: Peso de 1 litro de material en las condiciones en que vaya a procesarse.

MUESTRA A EVALUAR

-Dividir en tres partes iguales (mínimo 3 a 5 ml cada una).
-Envasar en frasco de vidrio oscuro o viales, y cerrado con cinta de teflon.
-Colocar en atmósfera de N_2 o llenar al máximo el frasco.
-Sellar la tapa con cinta de teflon.
-Mantener en heladera a <51º.
-Rotular: Código-Laboratorio-fecha-Protocolo de extracción nº 1

Figura 3: Protocolo 3 del Proyecto CYTED IV.6

PROYECTO IV.6: FLORA AROMATICA LATINOAMERICANA				
PROTOCOLO 4 **ANALISIS PRELIMINAR**				
Especie:				
Parte usada:		**Código:**		
Fecha de análisis:		Protocolo nº:		
Laboratorio		Operador		
Indice de refracción (indicar la 1º)				
Densidad (indicar 1º)				
Rotación óptica (indicar 1º)				
Aspecto	color			
	viscosidad			
	olor			
Análisis por CG (adjuntar perfiles en dos columnas)	nº1	nombre	%	confirma

Condiciones de trabajo (equipo, columnas, etc.):
Otros análisis:

Figura 4: Protocolo 4 del Proyecto CYTED IV.6

PROYECTO IV.6: FLORA AROMATICA LATINOAMERICANA				
PROTOCOLO 5 **EVALUACION OLFATIVA**				
Código de muestra:				
Fecha de evaluación:		Protocolo de evaluación nº1:		
Laboratorio		Operador		
Descripción	nota de cabeza			
		comparable a		
	nota central			
		comparable a		
	nota de fondo			
		comparable a		
	fuerza			
	persistencia			
	valor estimado	sin valor	0	
		escaso valor	1	
		interesante	2	
		muy interesante	3	
		excepcional	4	
	Si responde 1 o 2, ¿qué costo debería tener para evaluarla como 3?	<3U$S/kg		
		3 a 10 $/kg		
		10 a 30 $/kg		
		30 a 50 $/kg		
	¿Aconsejaría usarla?	SI		
		NO		
	¿Para qué?			
	¿Considera útil evaluar su aprovechamiento industrial?	SI		
		NO		
		condicionado a		

Figura 5: Protocolo 5 del Proyecto CYTED IV.6

Capitulo V

El proyecto CYTED IV.6:

la flora iberoamericana y su aprovechamiento para la producción de aromas y fragancias de interés industrial

El Programa CYTED

Este *Programa* desarrolla sus actividades en la región latinoamericana, Portugal y España; y tiene como principal objetivo contribuir con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los países americanos involucrados, a la vez que promueve una mayor y mejor relación entre nuestro ámbito académico y científico y los investigadores e instituciones lusitanas y españolas. Su accionar se realiza cumpliendo una serie de premisas que han logrado transformar a este Programa en el más exitoso de los que se han implementado en Latinoamérica. Prueba de ello son los miles de investigadores iberoamericanos que están cooperando en el mismo, la participación decidida de todos los países americanos, la trascendencia que los distintos organismos de Ciencia y Técnica nacionales y regionales le han adjudicado, la magnitud de fondos dedicados al Programa, provenientes tanto del gobierno español como de todos los países latinoamericanos, la diversidad de temas de investigación que se están desarrollando en su seno, y finalmente los resultados prácticos y la optimización de recursos humanos que ya se han logrado con su gestión.

El Programa CYTED (www.cyted-org) está subdividido en *Subprogramas*, para encarar aquellos temas que se consideran prioritarios para el mejor desenvolvimiento de la región latinoamericana. El Proyecto que planteó la necesidad de redactar este libro se desarrolló dentro del Subprograma IV : *Biomasa como fuente de Productos Químicos y Energía*.

Objetivo del Subprograma IV

Nuestro continente es una de las fuentes principales de recursos naturales de la tierra, y tradicionalmente ha sido una proveedora de bienes a partir de esta riqueza natural, pero con un mínimo valor agregado. A pesar de esta particularidad, es evidente la escasa prospección que se ha realizado sobre estos recursos, y las limitaciones de muchos de nuestros países para llevar a cabo esta tarea. Mayores aún son las limitaciones regionales cuando se piensa en utilizar esta riqueza con un criterio sustentable y competitivo a nivel mundial. De esta manera, lo que parece una ventaja competitiva de enorme potencial económico, y uno de los catalizadores para el desarrollo socioeconómico de nuestra región, se transforma en un recurso desaprovechado. Es una portentosa herencia que se nos está agotando o desvirtuando, por ignorancia, mal uso y abuso de su patrimonio. Conciente de esto, el objetivo de este Subprograma es *utilizar las posibilidades de esta biodiversidad, biológica y étnica, como generadora de nuevos productos industriales y energía. Con la expresa exclusión de la industria farmacéutica (de la que se ocupa el Subprograma X del CYTED) ; y considerando no sólo la riqueza natural, sino la disponibilidad de materias primas naturales generadas por la actividad agrícola, forestal, industrial, etc*.

Las Redes CYTED

Dentro de los Subprogramas CYTED, las actividades que se desarrollan son de dos tipos : la formación de *redes*, y la consecuente generación de Proyectos, llamados *Proyectos Precompetitivos*. Los objetivos de las Redes son:

• En primer lugar, ubicar grupos de investigación interesados en participar de este Programa, y difundir sus fortalezas y debilidades en el ámbito científico y tecnológico regional.
• A continuación, determinar cuáles son las necesidades, las posibilidades y los recursos de la región, para finalmente entre todos los participantes de la red proponer temas de investigación conjuntos, que den una respuesta a dichos planteos. Con este mecanismo, se generan los Proyectos Precompetitivos del Programa CYTED, llamados así por ser el paso previo a un Proyecto de Investigación con participación directa de la actividad privada, y donde se espera llegar a resultados concretos, en cumplimiento de una demanda manifiesta.

Estas actividades se desarrollan siguiendo un conjunto de premisas que avalan el carácter colaborativo y práctico del Programa. Las principales pautas son:

• Los grupos de trabajo participantes no deben ser autosuficientes para el desarrollo de un proyecto de investigación propuesto, pues no tendría sentido entonces el carácter integrador del Programa. Se prioriza además la labor multidisciplinaria.
• Los temas de investigación deben ser de interés para una región, y no solamente para un país, mucho menos para un solo grupo o emprendimiento. Deberán tener un interés práctico, transferible a la actividad productiva, debiendo esto ser avalado por empresas del sector.
• Los fondos que otorga el Programa CYTED son exclusivamente para contribuir con la coordinación de los grupos de trabajo que participarán de un Proyecto, su funcionamiento, el perfeccionamiento de sus recursos humanos y colaborar en las comunicaciones con otros grupos. No se subvencionan gastos de investigación o equipamiento, los que deben ser cubiertos por fondos de otras fuentes. Por este motivo, los grupos integrantes de un proyecto deben tener la experiencia y los medios necesarios para llevar adelante su participación.

En definitiva, la filosofía CYTED no es subvencionar a grupos de investigación ni proponer sus temas de trabajo, sino *convocarlos para que con el trabajo colectivo se resuelvan los problemas individualizados o se ofrezcan alternativas para un mejor desarrollo de la región latinoamericana.*

Objetivo de la Red IV.A

Ya aclarados los objetivos del Programa CYTED, sus mecanismos de acción y los fines de nuestro Subprograma, resulta manifiesto el objetivo de la Red IV.A, de la cual se generó nuestro proyecto, y que se llamó *Sustancias Fitoquímicas de Aplicación Industrial - SUFITAP*. Específicamente *pretendía individualizar grupos de investigadores que, cumpliendo con las premisas arriba señaladas, estuvieran interesados en colaborar con el Programa, y se sintieran calificados como para identificar y desarrollar en forma conjunta temas de interés regional, que generaran productos de origen vegetal con demanda industrial, con la expresa exclusión de productos farmacéuticos.*

Con este objetivo la Red IV.A originó varios proyectos: *Obtención de etanol a partir de materiales lignocelulósicos* (ya terminado); *Obtención de ácido propiónico a partir de recursos vegetales* (terminado); *Desarrollo de una vía alternativa para la producción de vitamina* D_2 (terminado); *Obtención de derivados del Cápsico*; y el proyecto que nos incumbe, denominado IV.6: *La flora nativa iberoamericana y su aprovechamiento para la producción de aromas y fragancias de interés industrial*. Este tema fue propuesto en 1994 y aprobado en 1995.

Justificación de la propuesta del Proyecto

Se ha explicado en secciones anteriores la importancia que tienen las Floras nativas centro y sudamericanas, las tradiciones populares y la información bibliográfica de la región, como generadoras de valiosos testimonios que dan cuenta de la variada flora aromática, generalmente no aprovechada por la moderna industria de fragancias. También se detalló la importancia regional de la agroindustria esenciera, por representar un renglón de la mayor relevancia para las economías de muchos países latinoamericanos, fundamentalmente entre los menos desarrollados. Las esencias de petit grain y palo santo en Paraguay, el *Amyris* en Haití, el estoraque en Honduras, el bay en Rep. Dominicana, el boldo en Chile, la cabreuva, vassoura, copaiba y sasafrás en Brasil, el cardamomo y el lemongrass en Guatemala, el *Tagetes* en Argentina, el molle y la lima en México o el bálsamo de Tolú en Colombia, son productos que estos países exportan casi con exclusividad, lo que les permite aportar a sus economías nacionales un importante valor agregado. Representan un paliativo para solucionar el problema de desarrollo sostenible en su población campesina o rural. Es una solución usada inclusive por países desarrollados, como Italia o Francia, siendo este último uno de los líderes del mercado internacional, donde el 50% de los cultivos de aromáticas son de grupos familiares, un 15% son empresas nacionales y solamente un 35% son de empresas multinacionales. En las estadísticas de producción, dos países de la región: Brasil y Argentina, están entre los diez primeros exportadores mundiales de esencias (en volúmenes exportados, Brasil es el segundo). Esto es otra señal de la importancia que tiene este sector industrial en nuestro ámbito.

Dado el interés mundial que se ha despertado por el uso de productos naturales, y la necesidad de la industria perfumística de competir en base a la novedad, se ha destacado que es sumamente deseable encontrar nuevos productos naturales que permitan ofrecer nuevas fragancias Si se observa el árbol genealógico de los perfumes presentados en los últimos diez años, se notará una franca tendencia de la demanda de notas frutales, florales y herbáceas. Y estos acordes se originan en general en dos grandes fuentes de inspiración, la primera de ellas ya citada en el párrafo anterior: esencias naturales; y la segunda: el conocimiento de las propiedades organolépticas de flores y frutos exóticos. Esta última fuente fue la causa en gran parte del desarrollo de nuevas sustancias de semisíntesis, que pretendieron copiar o emular los olores vegetales presentes en la naturaleza, una consecuencia más del predominio del pensamiento ecologista actual.

Dentro de este marco, es evidente que los aceites esenciales juegan un papel fundamental. No solamente como proveedores de nuevas notas olorosas, sino también como generadores de nuevas estructuras químicas, capaces de ofrecer al químico nuevas rutas sintéticas o nuevas estructuras olfativamente valiosas.

Con estos antecedentes, se consideró que la experiencia en la región latinoamericana podía enriquecerse con nuevos aportes tecnológicos o la identificación de nuevas especies explotables, lo que podría diversificar la producción de esencias y por lo tanto insensibilizarla o independizarla de las fuertes fluctuaciones de precio y demanda que esporádicamente ha tenido y tendrá el mercado de las materias primas naturales. Se pretendería también fomentar el desarrollo de una agroindustria esenciera en regiones que aún no la tienen, ideal para economías basadas en

minifundios, para zonas de montaña o de difícil mecanización agrícola, con imposibilidad de realizar cultivos extensivos, o para sectores agrícolas con bajo nivel educativo.

En resumen, este proyecto pretendió aportar un conjunto de valores complementarios a la región, los que se pueden describir en los siguientes objetivos planteados:

Objetivos del proyecto

1. Colaborar en los esfuerzos nacionales conducentes al mejor conocimiento de la flora aromática de cada país.

2. Propender al desarrollo sostenido de la región, usando y preservando la flora aromática autóctona o nativa, y caracterizando su valor industrial.

3. Favorecer la cooperación regional entre los grupos de investigación dedicados al estudio de aceites esenciales. Contribuir a la formación de sus recursos humanos mediante el aprendizaje de la metodología de extracción y análisis.

4. Establecer las bases para una cooperación continuada entre los distintos grupos involucrados en este Proyecto.

5. Aportar a la industria regional e internacional nuevas materias primas, sin pretender competir con las ya existentes.

6. Transferir la tecnología necesaria para el aprovechamiento industrial de los productos que se consideren valiosos para su uso en perfumería.

7. Formar personal competente para la transferencia e implementación de tecnologías industriales empleadas en la elaboración de productos con alto valor agregado potencial.

8. Lograr cultivos alternativos en zonas rurales con estrechos márgenes de ganancia, o baja competitividad en productos agrícolas tradicionales.

9. Valorizar la mano de obra no calificada en zonas rurales mediante la implementación de tecnologías sencillas.

Como objetivos específicos del proyecto se plantearon:

A. Identificar especies aromáticas de la flora autóctona útiles para la industria de fragancias. Para ello se orientó el trabajo a la selección de especies cuyas esencias cumplían como mínimo con alguna de las siguientes pautas:

1. Caracterizarse por tener nuevas notas olfativas.
2. Contener nuevos compuestos aromáticos útiles para perfumería.
3. Caracterizarse por un rendimiento importante en un componente, útil para:
   - 3.1. la industria de fragancias.
   - 3.2. la semisíntesis de compuestos útiles en perfumería.
4. Representar una alternativa competitiva para el reemplazo de productos ya conocidos en perfumería.

B. Evaluar la posibilidad de producción agrícola e industrialización de las especies seleccionadas en el punto anterior.

Descripción de la labor desarrollada

Para los tres años de gestión del proyecto se planificaron las siguientes actividades:

1. Relevamiento de la flora nativa aromática: Selección de las especies a investigar y evaluar mediante:
   1.1. Información bibliográfica.
   1.2. Experiencia popular.
   1.3. Reconocimiento de la flora *in situ* por botánicos.
2. Búsqueda bibliográfica de información botánica, química o de uso tradicional.
3. Recolección del material vegetal. Herborización e identificación botánica.
4. Destilación o extracción por técnicas apropiadas de los componentes olfativamente importantes.
5. Evaluación organoléptica de la fracción obtenida por parte de la industria de fragancias. Justificación de su interés industrial potencial.
6. Análisis de la composición química de la fracción aromática obtenida, mediante cromatografía en fase gaseosa, espectroscopía de masa e infrarroja acoplada o no a cromatógrafos.
7. Aislamiento de componentes enriquecidos en la fracción aromática.
8. Evaluación organoléptica de las distintas fracciones obtenidas.
9. Evaluación del aprovechamiento de productos enriquecidos como precursores de síntesis de productos para perfumería.
10. Implementación de ensayos de cultivos a campo para posibilitar su potencial explotación industrial.
11. Implementación de técnicas de extracción a escala piloto.

La metodología propuesta para el Proyecto permitió una continua evaluación de su gestión y generó automáticamente sus indicadores de control. La idea central era la obtención de nuevas materias primas para uso en la industria perfumística. En la medida que se fueron identificando nuevos productos, la calidad y cantidad de los mismos actuaron como indicadores para la primera etapa del Proyecto.

En una segunda etapa, donde se pretendía profundizar en los aspectos agronómicos, químicos y comerciales de estos productos naturales, el criterio de evaluación fue la posibilidad de redactar una monografía específica para cada planta, donde constaran una suma de elementos necesarios para su posible aprovechamiento sostenible industrial: desde su correcta identificación hasta la caracterización de su composición química, métodos de control y oportunidades de uso.

Finalmente, en la última etapa del Proyecto, deberían considerarse la transferencia de esta información y la oferta de asistencia técnica analítica/industrial aportada por los distintos grupos latinoamericanos participantes, a través de la edición de un texto como el presente.

Capitulo VI

Biodiversidad y manejo sustentable de la flora aromática silvestre

Cuando se hace referencia a las plantas aromáticas, estamos refiriéndonos a una amplia gama de recursos naturales presentes en las regiones tropicales y subtropicales de América Latina, y que de una u otra forma son empleadas en diverso modo, por ejemplo: uso medicinal, aromático, ceremonial o decorativo. En este capítulo, se esbozará el modelo de aprovechamiento de estos recursos, dentro de la categoría de diversidad vegetal útil. No se enfatizará en el concepto amplio de la biodiversidad y su potencial explotación, más bien se hará referencia a planes pilotos para lograr un aprovechamiento sustentable y no poner en peligro una especie aromática, en su medio natural. A pesar de ello, es necesario dejar en claro que las actividades económicas acompañadas de la pérdida de la identidad cultural de un determinado grupo humano, son precisamente uno de los elementos que más pone en peligro la estabilidad de las especies aromáticas en su medio natural.

La conservación de un recurso natural no implica solamente la protección de la biodiversidad genética del mismo, sino también la defensa de la *biodiversidad cultural* que lo integra y aprovecha. El desconocimiento o la desaparición de las técnicas y conocimientos tradicionales sobre la flora silvestre conlleva a la desintegración del equilibrio ancestral que suele existir entre el hábitat natural como recurso y el desarrollo de la actividad humana como propósito.

La pérdida de la diversidad genética puede poner en peligro muchos recursos naturales aromáticos nativos. Por esta razón es imperioso conducir mayores esfuerzos técnicos en acciones de domesticación de plantas aromáticas, con el propósito de rescatar recursos inexplotados en la región latinoamericana, como sucede con diversas especies aromáticas del género *Satureja*. El nuevo acercamiento en acciones de domesticación debe implementar metodologías bajo un concepto amplio, en donde se logre el manejo en condiciones del hábitat original, sin destruir el mismo. No deben plantearse modelos agroecológicos que brinden estabilidad al sistema de producción buscando solamente la sustentabilidad económica. Aunque es un factor importante para el desarrollo de una región, debe considerarse realmente la *sustentabilidad biológica* del sistema de producción. Y para esto, en el paquete de acciones a realizar hay que incluir un profundo estudio de la biodiversidad, tanto desde el punto de vista morfológico tradicional, como del quimiotaxonómico. Y como herramientas de protección debieran aplicarse tanto los bancos de germoplasma como la implementación de reservas naturales en la región de producción, herbarios, jardines botánicos y bases de datos etnobotánicas.

Para ello debemos ser más específicos al definir los problemas, con el propósito final de lograr resultados que vinculen la investigación con el desarrollo y el sustento del recurso. En otras palabras, alcanzar un vínculo más armonioso entre empresa e investigadores con el medio.

Con el objeto de tomar decisiones adecuadas es básico considerar la estructura biológica en un sistema de producción, en otras palabras, no es lo mismo el manejo de *Lippia alba*, como

arbusto aromático (cuyo producto es la hoja), comparado con el manejo de la Jamaica (*Pimenta dioica*) árbol aromático, del cual se aprovechan frutos y hojas para la extracción de aceites aromáticos. De igual forma, existe una diferencia y una complejidad para el manejo en el caso del árbol *Protium* spp., del que se obtienen resinas aromáticas a partir del sangrado de la corteza del mismo. Por esta razón, se ha teorizado en exceso sobre el manejo de recursos naturales nativos, pero sin realizar los mayores esfuerzos lógicos para contar en la actualidad con experiencias prácticas factibles de ser aprovechadas a nivel industrial.

Extractivismo de recursos naturales

Se denomina extractivismo al procedimiento mediante el cual se acopia material silvestre para uso comercial. Un ejemplo de la situación extrema a la que se puede llegar con esta metodología es el palo rosa o bois de rose (*Aniba rosaeodora* Ducke) en Brasil. Para obtener un tambor de esta esencia (180 kg aproximadamente) son necesarios 15 tn de su madera, lo que equivale a destruir 5 o 6 árboles enteros (Benchimol, 2001). La producción actual de esta esencia está estimada en unas 30 tn / año, cuando en los años '50 llegó a más de 400 tn / año. Esta fuerte disminución es consecuencia de varios factores convergentes, tanto económicos como culturales. Pero posiblemente el elemento más crítico haya sido que el árbol que origina esta esencia ha sido casi extinguido en una muy importante área de su hábitat amazónico, como consecuencia de su extractivismo incotrolado durante casi 50 años. Recién en los últimos años el IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) redactó una serie de resoluciones que iniciaron un proceso de protección a la especie, algo que fue reclamado tanto por la prensa como por organismos internacionles, como la FAO y WWF. Pero esta reacción también se vio acompañada de otros dos procesos. Por un lado se ha detectado en Brasil una especie arbustiva, la sacaca (*Croton cajucara*), que podría suplir con obvias ventajas ecológicas al palo rosa. Y por otro lado se están desarrollando trabajos tendientes a utilizar no la madera del palo rosa, sino sus hojas, para obtener un aceite esencial sustituto, lo que influiría positivamente en la sustentabilidad de la especie.

El extractivismo es una acción irracional en el aprovechamiento de los recursos naturales, y constituye un modelo histórico que provoca el deterioro de los recursos naturales en su medio, sin otorgar el valor agregado necesario, tal que promueva un modelo sustentable siquiera a nivel productivo. La situación se agrava cuando los mismos son objeto de comercio internacional. Esta actividad constituye una acción que debe analizarse desde diferentes puntos de vista.

Para lograr el manejo sustentable de una especie aromática en condiciones naturales de bosque subtropical o tropical, es básico tener claro cuál es el producto de cosecha para su manejo. Por ejemplo, en el caso de la liana conocida como vainilla (*Vanilla fragrans*), el producto cosechado es el fruto maduro, y una sobreexplotación de los frutos puede conducir a una disminución de la población futura y poner la especie en peligro de extinción. Una situación contraria sucede con el orégano mexicano (*Lippia graveolens*), arbusto propio de sitios abiertos de bosque seco, cuyo producto de cosecha es la hoja; una sobrecosecha de las mismas conduce a que la especie pueda sucumbir si no se realiza en condiciones adecuadas, pero un correcto manejo permite explotar la población sin amenazarla.

También es importante conocer cuál es la abundancia de la especie. A manera de ejemplo, citamos la investigación en una población de *Quassia amara* en bosques tropicales húmedos en Costa Rica, donde las densidades variaron entre 4100 ind / ha hasta 133 ind / ha. Esta condición es muy variable con especies propias de bosques tropicales húmedos y es más ventajosa en condiciones de bosque subtropical, donde la abundancia aumenta, como sucede con el árbol aromático *Pimenta dioica* en Petén, Guatemala.

Desde el punto de vista social, el impacto que puede tener el establecimiento de una actividad extractivista o su supresión, puede ser enorme. Existen en nuestro continente numerosos asentamientos humanos y hasta poblaciones o culturas enteras que viven de esta práctica. Por lo que su eliminación puede acarrear serios problemas de adaptación a nuevas estructuras económico-sociales. Pero por otro lado, si la práctica del extractivismo se expande a un mercado globalizado, la demanda puede ejercer una presión demasiado alta, lo que se puede traducir en un serio desequilibrio entre la capacidad de regeneración del recurso natural y su explotación comercial.

Desde el punto de vista económico, merecería analizarse el menor costo de acopio de estos materiales, con respecto al obtenido de cultivos. Sin embargo los problemas en calidad y la permanente degradación de las poblaciones naturales hacen que poco a poco vaya surgiendo una demanda por un producto mejor, solamente asequible mediante el cultivo.

Manejo tradicional

De lo visto anteriormente, se deduce que el extractivismo es un manejo aniquilante de los recursos, y difiere sustancialmente de un manejo sustentable, aún del operado proverbialmente por las distintas culturas americanas. Por esta razón, es importante señalar como un elemento relevante, algunos ejemplos de este tipo, como el manejo tradicional de plantas aromáticas en condiciones de bosque tropical y subtropical centroamericano, para la cosecha de látex y resinas. Estos bosques han cumplido un papel importante en el suministro de resinas aromáticas, que provienen principalmente de cortezas de árboles nativos. El destino de estos productos aromáticos ha tenido principalmente dos direcciones:

a) La satisfacción de necesidades básicas para las poblaciones nativas vinculadas con el aprovechamiento del bosque.

b) El comercio de resinas, extraídas de determinados recursos naturales que se dirigen con predominancia al marcado local; como sucede con el Copal, proveniente de diversos géneros de la familia *Burseraceae*, como *Protium, Bursera, Tetragastris, Trattinnickia*, todos con exudaciones aromáticas en su corteza. Comunidades nativas como Bribri, Cabécar y Telire en Costa Rica y Panamá, se caracterizan históricamente por el empleo de estas resinas aromáticas en sus necesidades básicas, sin menoscabo de las poblaciones naturales de las especies que las generan.

Es muy importante poder conocer los procedimientos racionales que aplican estas culturas, y que les han permitido explotar las riquezas naturales de sus entornos sin amenazar sus subsistencias. Lógicamente las técnicas difieren mucho según la región y según las circunstancias sociales, geográficas y climáticas, por lo que no nos dedicaremos a detallarlas, por escapar al objetivo de este libro.

A continuación daremos algunos ejemplos de cómo el recurso genético natural puede ser explotado, sin ejercer el simple extractivismo, y garantizando su permanencia y diversidad natural. Básicamente son dos los caminos que se pueden seguir: la domesticación de la especie para su manejo agrícola, o la explotación sustentable de las poblaciones naturales. Con cualquiera de estos dos caminos no solamente se asegura la conservación del hábitat y de la diversidad del recurso natural, sino que también se garantiza la continuidad de la inversión y la planificación de la oferta, al respetar el recurso vegetal: sustento mismo de un emprendimiento en este rubro.

Modelos de explotaciones sustentables de recursos aromáticos silvestres

Lippia alba

La juanilama, *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britt.& Wils. (*Verbenaceae*), es un arbusto originario del bosque seco tropical y subtropical americano, que crece en ambientes donde la intensidad lumínica pueda ser alta. La distribución natural de esta planta aromática es amplia en América, desde México, Centro América y América del Sur, finalizando su presencia en Argentina. Por su contenido en aceites esenciales, tiene una amplia reputación en la medicina folklórica regional.

La desaparición de la cobertura boscosa, en regiones secas tropicales y subtropicales, ha provocado el deterioro de poblaciones naturales de *Lippia alba* en su hábitat natural. Por esta razón se vio en varios países americanos la necesidad de promover acciones de domesticación de la misma, y se iniciaron proyectos de investigación para conocer su manejo agrícola.

El Jardín Botánico Bougainvillea, implementa acciones de domesticación con este recurso natural, como una continuación de acciones iniciadas en 1982 por parte del Programa Cooperativo Universidad de Costa Rica e Instituto de Desarrollo Agrario con plantas aromáticas, medicinales, especias y colorantes. La información que se dispone en la actualidad es la siguiente:

Nombres comunes

En Cuba se la llama quita dolor, menta americana, anís de España o salvia americana. En Guatemala: salvia santa y salvia sija. En Costa Rica y Nicaragua: juanilama. En Honduras: juanilama, orégano de monte, salvia santa. En Panamá: oroazul, mastrento. En México: mastrante. En Jamaica: colie mint. En Colombia: pronto alivio. En Brasil: falsa melissa, erva cidreira. En Argentina: salvia morada.

Descripción de la planta

Arbusto ramificado, con ramas largas que caen al suelo. La altura varía de acuerdo con la región, hasta un máximo de 1.5 m. Tiene hojas pequeñas, aromáticas, de color verde por encima y gris por debajo. Las hojas son opuestas. La hoja es aserrada. Las flores se presentan en grupo, en forma de cabeza, pequeñas y rosadas.

Parte de la planta usada

Principalmente se emplean las hojas y flores.

Condiciones agroecológicas

Es una planta que debe establecerse en sitios con buena luminosidad (a pleno sol). Debido a que el arbusto es originario de las regiones secas, soporta fácilmente épocas sin lluvia de hasta 4-6 meses. En las condiciones bajas del Caribe, con mayor humedad, la juanilama crece continuamente produciendo mayor cantidad de ramas con hojas. En regiones de mayor altitud y frías la juanilama crece con mayor dificultad; por esta razón en Costa Rica se recomienda sembrar de 0 - 1.100 m.s.n.m. Es una planta ya escasa en áreas silvestres pero común como hierba medicinal en los jardines.

Técnicas de cultivo

Es un arbusto nativo cuyo cultivo no ha sido objeto de mucha investigación, pero diversas iniciativas locales han desarrollado algunos elementos importantes para su cultivo en el ámbito del jardín o del pequeño huerto.

Reproducción

La juanilama es un arbusto de fácil reproducción, debido a su rusticidad y a sus múltiples formas de reproducción.

- **Semilla**: son de tamaño diminuto y germinan en un bajo porcentaje, por lo que no es aconsejable la multiplicación por este medio.

- **Estacas**: este material con 2 a 3 nudos, sin hojas, de madera madura, en posición vertical o inclinada, en condiciones de sombra o plena luz, enraíza con facilidad en 4 semanas. Estacas de madera joven, con 10 a 12 cm enraízan en su totalidad en 3 semanas en un sustrato de aserrín de madera, en condiciones controladas de enraizador (humedad constante y sombra de 80%).

- **Acodos**: la planta tiene la capacidad propia de enraizar cuando las ramas se ponen en contacto directo con el suelo. Luego de enraizar se corta la rama y se lleva al sitio de siembra.

Preparación del suelo

Debido a su rusticidad la juanilama responde a diversos tipos de suelo tales como arcillosos y limosos con pH de 5-6. Los suelos inundados no deben emplearse para su cultivo. Para la preparación del suelo se requiere solamente una limpieza.

Plantación

La juanilama debe establecerse cuando el suelo esté húmedo. Para el cultivo de juanilama existen dos formas de establecer la plantación:

- **Material enraizado**: si existe material enraizado se establece a raíz desnuda en el campo, manteniendo las estacas húmedas y bajo sombra.

- **Material sin raíz**: si hay suficientes estacas de madera madura (sazona) se puede realizar la siembra directa en el campo. Las estacas se colocan a 1-1,25 m entre hileras y 0,75-0,85 m entre plantas (10.600 plantas por hectárea) en la región tropical húmeda de Costa Rica. En una región subtropical seca de Cuba se hace referencia a 0,75 m entre surcos y 0,40 m entre plantas (33.333 unidades/ha).

Cuidados de la plantación

- **Poda de formación**: se debe aplicar una poda a los 2 meses después de la siembra para lograr una mejor forma y obtener mayor rendimiento.

• **Limpieza**: debe realizarse al menos 4 limpiezas al año durante el primer año de crecimiento.

Enfermedades

La juanilama es una planta que debido a la presencia de aceites esenciales en sus hojas, presenta una alta rusticidad en el ataque de plagas y enfermedades. En Cuba se reporta que la planta ha sido atacada por la cenicilla de la hoja (*Odium* sp.) y la mancha de la hoja (*Cercospora* sp.). También se ha reportado ataques de áfidos (*Aphis* sp.) y ácaros en ramas terminales.

Cosecha

En regiones tropicales húmedas la primera cosecha se realiza entre 5 y 6 meses y en las secas a los 8 meses. Al realizar la cosecha se cortan las ramas mayores de 40 cm de largo. Durante los años siguientes se efectúan dos cosechas, si se logra cortar una buena parte de las ramas. Se recomienda cosechar cuando se produce la floración, situación que se presenta en regiones secas durante la época de verano (ausencia de lluvia).

Rendimiento

En el Caribe se obtiene un rendimiento durante el primer año de 900-1.000 kg secos por hectárea. En Cuba con distancias de siembra cortas se sacan 1.981 kg / ha de peso seco de hoja y flor.

Manejo postcosecha

De las experiencias realizadas en Costa Rica, la juanilama presenta condiciones favorables para su secado, empleando diferentes estructuras de secado, tales como:

• **Secador samoa (modificado)**: típico secador usado en Centroamérica, creado para áreas húmedas tropicales, emplea energía generada por combustión de leña a través de una hornilla y colocada bajo bandejas de cedazo fino; en condiciones de sombra las ramas se colocan sobre bandejas y en dos días las hojas se desprenden de la rama.

• **Secador de sol**: el material se coloca en bandejas a la sombra y en dos o tres días está seco, dependiendo del clima. Las hojas al secar se vuelven fáciles de quebrar. Al material seco se le eliminan las ramas y otras impurezas. Limpio, se deposita en bolsas adecuadas.

Satureja viminea

Por muchos años ha crecido en el Valle Central de Costa Rica un arbusto aromático que popularmente se denomina menta y que la población conoce y utiliza frecuentemente para afecciones gastrointestinales, atribuyéndole las propiedades de la menta (*Mentha x piperita*).

El olor aromático de sus hojas, producto de la presencia de aceites esenciales, despertaron desde la década del '80 el interés de los químicos y taxónomos por determinar la composición química de sus aceites y la taxonomía.

Independientemente del fundamento científico, el aroma a mentol y el excelente creci-

miento de este arbusto en el clima templado del Valle Central de Costa Rica, propició que sus hojas se incorporaran como materia prima en la industria de tisanas. Ahora constituye el té de menta de mayor popularidad, después de la manzanilla (*Matricaria recutita*) en el mercado costarricense.

Curiosamente, existe duda sobre el origen de esta planta aromática, de amplio uso popular que se limita a su presencia casi exclusivamente en Costa Rica. Su dispersión no se ha extendido hacia países vecinos de Centroamérica. Actualmente como parte de la iniciativa de la Red Latinoamericana de Productos Fitofarmacéuticos (RIPROFITO) del Suprograma X de CYTED, se realizan acciones con el propósito de introducirlo en la región centroamericana, como materia prima en la industria de tisanas. En Panamá, al sur de Costa Rica en la Provincia de Chiriquí, se observan con frecuencia arbustos creciendo en jardines. Por su importancia económica los esfuerzos técnicos culminaron con la identificación taxonómica, determinando que su nombre científico es *Satureja viminia* L., perteneciente a la familia *Lamiaceae*.

Descripción botánica

Arbusto perenne aromático de hasta 4 m de altura, tallo cilíndrico en su base y ramificado, tallos jóvenes con 4 aristas, leñoso en la parte inferior. Hojas opuestas, simples, cortamente pecioladas, aovado-oblongas, bordes lisos, lámina algo rugosa con la nervadura central pronunciada. Las ramas secundarias cuadrangulares de color café cuando maduran, hirsuto. Flores pequeñas de 3 a 10 mm de largo, axilares en grupos de 3, cáliz tubular de 2-3 mm de largo, de 5 sépalos iguales, corola blanca, con el limbo dividido en 5 lóbulos desiguales, los dos superiores iguales y pequeños, los laterales iguales, 4 estambres adnatos.

Origen y distribución

El género *Satureja* se caracteriza por la presencia de hierbas y arbustos, raramente árboles; frecuentemente aromáticos debido a la presencia de glándulas epidérmicas conteniendo aceites esenciales. Es una familia de distribución cosmopolita (*Lamiaceae*), pero especialmente abundante en la región Mediterránea y la parte central y este de Asia. En América, se la encuentra en mayor abundancia en las regiones de mayor altitud en América del Sur, en la región Andina.

El género *Satureja* está conformado por 30 especies presentes en América y el Viejo Mundo (Gentry, 1993). La distribución natural en los bosques, se concentra hacia regiones subtropicales y tropicales en la cordillera Andina. En Costa Rica, además de la especie *Satureja viminea* L., en cultivo se identificó una nueva especie de Satureja sp., especie silvestre creciendo hasta 3.600 m.s.n.m. en los bosques de la Cordillera de Talamanca (extensión de la Cordillera de los Andes en América Central).

Es dudoso el origen de *Satureja viminea* en Costa Rica, por no encontrarse en crecimiento silvestre, aunque la presencia de una especie silvestre del mismo género podría justificar que sea una especie nativa. Morton (1981) hace referencia al uso tradicional de *Satureja viminea* L. en Jamaica y menciona su crecimiento en Cuba y la Hispaniola (República Dominicana y Haití), hasta 1.200 m.s.n.m., sin hacer mención a su origen natural. Es evidente que aún falta investigación sobre la distribución biogeográfica de esta planta aromática en América.

Composición química

El aceite esencial de esta especie obtenido de material que ha crecido en el Valle Central de Costa Rica, contiene pulegona como uno de los componentes principales, acompañado de un terpeno que tiene en su esqueleto un doble enlace y un alcohol terciario. Esta estructura podría

ser el 3-p-menten-8-ol (Wainberg, 1983), obteniéndose un rendimiento de 1,5-2,8%.

Evaluación agroecológica

De 1982 a 1988 el Programa Cooperativo Universidad de Costa Rica-Instituto de Desarrollo Agrario promovió la investigación y desarrollo de plantas aromáticas, colorantes, especias y medicinales en Costa Rica. En este Programa la *Satureja viminea* fue evaluada en cinco zonas de vida (100-1.600 m.s.n.m.), con el objetivo de conocer su adaptación a diversas regiones biogeográficas. Los resultados demostraron un excelente adaptación y crecimiento a zonas de vida con climas cuyas temperaturas están entre 18-20°C, altitudes entre 1.000 -1.700 m.s.n.m., y con al menos 8 meses de precipitación.

Reproducción

Satureja viminia presenta una floración abundante pero con escasa producción de semilla. Por esta razón, la reproducción se realiza a través de estacas de madera inmadura, con un tamaño de 12-15 cm de largo.

Para el enraizamiento se emplean camas de arena, con sombra y humedad constante, obteniéndose 95% de enraizamiento. Las estacas enraizadas se establecen en bolsas plásticas entre 4 y 6 meses, con sustrato de tierra para su aclimatación y desarrollo.

Plantación

En general se recomienda una distancia de siembra de 1,25 m entre hileras y 1 m entre plantas, para una población de 8.000 arbustos por hectárea.

No existen investigaciones sobre la respuesta de este arbusto a la fertilización química. Se considera que una fórmula alta en nitrógeno favorece su productividad en hojas. Con fertilización orgánica muestra una respuesta importante en el rendimiento de hojas.

Este arbusto muestra una resistencia al ataque de plagas y enfermedades; probablemente podría deberse a la presencia de aceites esenciales en sus hojas, es importante señalar que varias especies de *Satureja* poseen actividad biocida.

Algunas plagas y enfermedades son: jobotos o larvas de abejón (*Phylophaga* sp. *Coleoptera*) que ataca el sistema radical en plantas recién establecidas en el campo, produciendo amarillamiento en el follaje; Cochinilla harinosa (*Planococeus* sp., *Homoptera*) que ataca principalmente las partes bajas del arbusto; y escamas (*Saissetia* sp. *Homoptera*) que provoca daños en partes tiernas de las ramas. El hongo *Phoma* sp. ataca el sistema radical provocando la muerte de la planta.

Rendimiento

Los resultados se obtuvieron con ensayos a partir de parcelas de 100 x 100 m. La producción se inicia al segundo año después de la siembra para un rendimiento de 2.000 kg de hoja verde por hectárea hasta el cuarto año. A partir de entonces se da una producción de 8.000 kg de hoja fresca, realizando dos cortes por año. La vida útil de esta planta es de 10 años aproximadamente.

Quassia amara

La Cuassia (*Quassia amara* L. ex Blom., *Simaroubaceae*), es un arbusto o árbol pequeño, que alcanza hasta 9 m de alto y 10 cm de ancho. Es de amplia distribución en América, desde el Sur

de México hasta Brasil, en América del Sur y parte del Caribe. Es una especie nativa de bosques secos y húmedos, presente en laderas con regular penetración de luz.

La Cuasia crece en forma silvestre en regiones con una amplia distribución de precipitación, 1.000 - 8.000 mm / año; lo que sugiere que es un recurso natural con una amplia plasticidad, por su capacidad de ocupar diversas zonas ecológicas en América. Es un arbusto que se caracteriza por su fácil rebrote después de cortarlo, lo que facilita su manejo, el aprovechamiento es principalmente por recolección en poblaciones silvestres.

El empleo tradicional proviene de la presencia de sus principios amargos, usada por su propiedad tónica por los indígenas en América (Standley y Steyermark, 1946; Núñez, 1986), esta cualidad se ha continuado por parte de la industria de bebidas refrescantes y licores tónicos. Desde 1917, Mcindoo y Seivers, lo recomendaron como biocida natural y la actividad como insecticida de contacto de los extractos de la corteza y madera fue demostrada desde 1884 en Inglaterra, donde funcionó en el control de áfidos (Busbey, 1939; Holman, 1940). Cubillo y col. (1997) demostraron en Costa Rica la actividad insecticida de extractos metanólicos de Cuasia, en el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci*.

En el Trópico Húmedo de Costa Rica, el CATIE, en 1982, inició un modelo de manejo sustentable de poblaciones naturales de Cuasia, que están establecidas en la Reserva Indígena de Kekoldi, habitada por los indígenas de la etnia Bribri; recurso natural que es de importancia para la población local por su actividad tónica. De la misma manera, se implementaron investigaciones para determinar su distribución natural en Costa Rica (Villalobos, 1995) y posteriormente en América Central.

Los resultados, constituyen un importante avance en el conocimiento natural de la Cuasia, en donde es importante mencionar que una población de *Quassia amara*, que ocupa un área geográfica determinada, forma aglomerados cuyo distanciamiento, forma, tamaño y densidad depende de la disponibilidad de agua y luz a través del tiempo. La disponibilidad de luz se relaciona con las características del dosel superior y con el brillo solar de la región (Villalobos, 1995).

Pasos metodológicos para implementar un manejo sustentable de un recurso natural

El proceso de evaluación de *Quassia amara* en condiciones naturales condujo al establecimiento de un modelo metodológico importante a considerar en el manejo de plantas autóctonas explotadas comercialmente.

En general la investigación biológica de recursos naturales útiles posee un enfoque unilateral, es decir que en cada disciplina se asume una posición sin considerar un enfoque holístico en la investigación.

En esta metodología implementada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), se parte de lo simple a lo complejo; en general es común la situación contraria.

Se esbozan a continuación los pasos metodológicos:

a) Muestreo exploratorio. Sinónimo de un diagnóstico rápido de la especie en su medio natural; partiendo de la premisa que se conoce mucho de lo poco y poco de lo mucho (mucho referido a nuestra biodiversidad). Por esta razón en esta etapa metodológica hay un acercamiento del técnico a la especie con el propósito de definir con mayor claridad y menor incertidumbre los pasos subsiguientes. Además es importante aclarar que la implementación de esta metodología responde a la necesidad de contar con herramientas prácticas para lograr el desarrollo basado en elementos técnicos aplicados. El objetivo es conocer y familiarizarse con las características y con el hábitat de la especie de interés para el manejo. De esta fase inicial dependen en mucho los pasos subsiguientes,

es necesario contar con una metodología práctica que permita al técnico obtener herramientas necesarias para lograr resultados relevantes.

b) Determinación de características descriptivas. En poblaciones naturales de un recurso vegetal aromático se busca cuantificar los aspectos más relevantes que permitan obtener una idea clara del manejo requerido. En ecología de poblaciones, la determinación de tamaños y formas de parcelas de investigación varía mucho de acuerdo con los factores técnicos, económicos así como con los objetivos mismos de la investigación. Con la implementación de este metodología el tamaño, forma y subdivisión de la parcela respondió a criterios prácticos referidos a abundancia, ubicación y aplicación del máximo número de variables. Estos mismos criterios constituyen un elemento importante, cuando de la especie se posee poco conocimiento biológico en su comportamiento en condiciones naturales. Los resultados obtenidos poseen una mayor capacidad para su análisis tanto a nivel general como específico. En el caso de la cuasia se establecieron dos parcelas de una ha (50 x 200) cada una dividida en 50 subparcelas de 20 x 10 m. En cada subparcela se evaluaron los siguientes aspectos físicos: altitud, pendiente, ubicación de la parcela en la montaña (cima, ladera o falda), hojarasca, penetración de luz según los claros que se forman en el sotobosque, etapa de sucesión en que se encuentra la vegetación en la subparcela (bosque primario, bosque secundario). El seguimiento fenológico permitió conocer la época de floración y maduración del fruto, crecimiento del arbusto, presencia de regeneración en el suelo del sotobosque.

c) Inventario de la población. El objetivo de esta etapa es obtener los datos necesarios para diseñar un plan de manejo para la especie de interés. Con este fin, en el caso de la cuasia se hizo una poligonal alrededor del área donde se encontraron individuos de *Quassia amara*, aproximadamente 96 ha, en esta área se realizó un muestreo cada 25 m mediante parcelas circulares de 10 o 100 m (763 parcelas) según la densidad y el ambiente evaluado en 14 líneas de inventario paralelas entre sí y a 100 m de distancia (intensidad de muestreo 7.5 % del área).

El inventario también incluyó un muestreo de características de producción, la más relevante fue el diámetro del tallo. Este se midió en cada eje del arbusto a una altura de 0,30 m (d0.3) sobre la superficie del suelo, primero porque ese diámetro dio la mejor relación con la biomasa aérea y segundo porque los arbustos cosechados siempre se cortan sobre los 0,30 m. Esta medición se realiza de esta forma por ser un arbusto y no un árbol. En los árboles la medición se realiza a la altura de pecho (DAP).

El resultado del inventario se basó en las distribuciones por clases diamétricas del número de tallos y biomasa leñosa útil por hectárea de bosque en las zonas productivas de manejo, definidas en este caso en aprovechamiento y aprovechable.

La zona productiva de manejo en aprovechamiento (corresponde 3,5 ha), muestra una estructura poblacional equilibrada, pero con pocos árboles gruesos ya que sólo 7 individuos / ha aparecen con d 0.3 = 7 cm. Las plantas de regeneración son abundantes y en su gran mayoría sanas, lo que constituye un factor silvicultural muy favorable. El análisis estadístico del promedio de biomasa por hectárea muestra un error de 41,4% con 80 % de confianza, lo que significa que la biomasa útil es mayor a 890,4 kg/ha con 80 % de seguridad, valor para ser utilizado en las decisiones de manejo. Tomando en cuenta las consideraciones silvicultarales expuestas y dejando como resalvos únicamente a los individuos con d 0.3=6 cm (57 ind/ha), la biomasa aprovechable en la zona se reduce a 621,3 kg/ ha, con un total de 22 toneladas.

Dentro de otra faceta, la zona productiva aprovechable (25,4 ha) muestra características diferentes a la primera, y arroja una biomasa aprovechable en la zona de 386,1 kg/ha, para un total de 9,8 toneladas. En síntesis el parche de *Quassia amara* en el bosque comunal de la población indígena de Kekoldi, presenta con razonable seguridad medidas técnicas para asegurar la conservación del recurso tónico, una biomasa aprovechable total de por lo menos 12 toneladas en 29 ha con un ciclo de corta de 6 años. Con la aplicación de esta metodología, en la actualidad se cuenta con un conocimiento adecuado de la población para su manejo sustentable, sin poner en peligro la especie y aumentando la productividad del bosque.

Requisitos para la cosecha sustentable

Los conocimientos sobre el crecimiento del recurso natural representa otro de los requerimientos para concebir un plan de aprovechamiento sustentable de cualquier recurso natural renovable. Sobre la *Quassia amara* no se conoce el crecimiento de poblaciones naturales sometidas a los tratamientos silviculturales esbozados en la sección anterior, por esta razón el plan actual constituye un manejo de un recurso presente, con una biomasa definida. El paso siguiente está constituido por la respuesta del recurso a una primera cosecha y un posterior crecimiento. Basado en material establecido en cultivo en diversas condiciones de ambiente, se establecieron correlaciones, para establecer un modelo de crecimiento.

Debido a la falta de investigación en la respuesta a la cosecha de poblaciones naturales de *Quassia amara* y basado en estudios preliminares de crecimiento de esta especie en cultivo, se estima que para fines prácticos la primera rotación se fija en seis años con una posibilidad de corte anual de 1.800 kg en aproximadamente 5 ha de bosque (360 kg/ha, que a un promedio de 1.00 US$ constituye un ingreso de 360 US$) para el período de rotación sustentable. Es importante señalar que la estimación no está considerando la capacidad de rebrote de este tónico natural, y esta situación garantiza que la productividad de la cuassia va a aumentar en el futuro.

Este aumento se producirá debido a: 1) aumento de la población de cuassia, por árboles en crecimiento y la regeneración natural y 2) aumento en volumen de los árboles cosechados, debido al rebrote, situación que mejorará en áreas de mayor iluminación.

Es evidente que existen beneficios que conllevan el manejo del arbusto de cuassia para la conservación del bosque y el mejoramiento en el aspecto económico que recibe la población indígena que habita la Reserva Kekoldi. De igual forma debe mencionarse que el ingreso económico por la cosecha de 1,8 toneladas de madera de cuasia, constituye un ingreso parcial de las posibilidades existentes en el manejo diversificado al incluir recursos diferentes a la madera, como plantas aromáticas, tónicos, medicinales, entre otros recursos presentes en el sotobosque tropical en América Latina.

Esto significa que para lograr un desarrollo económico atractivo para el inversionista-productor, debe aumentarse la oferta con el manejo de varios productos: sean aromáticos, tónicos o medicinales, dentro de la misma unidad productiva de bosque.

Existe una falta de herramientas técnicas para el manejo de plantas silvestres aromáticas en el sistema de producción, porque el bosque se ha visto como un donante de recursos fitogenéticos para la domesticación en ambientes agrícolas, que evidentemente producen mayor rendimiento pero sin contribuir a la conservación. La FAO (2001) ha publicado en estos años un muy interesante libro que puede servir de modelo para realizar inventarios para la medición y planificación del aprovechamiento de productos forestales no madereros.

Capitulo VII

Aspectos agronómicos de la producción de especies aromáticas

Introducción

Desde las dos últimas décadas del siglo XX el mundo reclama cada vez más productos naturales, tanto para uso alimenticio como para productos medicinales, cosméticos y de perfumería. Los cultivos de plantas aromáticas aportan materia prima para dichos productos y de ahí el creciente interés por su conocimiento.

Conviene aclarar algunos términos que no siempre están bien definidos y que llevan a confusiones. Se puede definir como aromática a toda especie vegetal cuya importancia económica radica en poseer un aroma y/o sabor que la hacen útil; esta propiedad está dada por un conjunto de componentes o fracciones volátiles que químicamente se denomina esencias o aceites esenciales. Los órganos o tejidos donde se acumulan estos aceites varían según las especies.

No todas las sustancias que dan aroma y sabor son volátiles, o sea que las esencias no son las únicas responsables de las características de las especies aromáticas. También se debe destacar que hay especies cuya mayor importancia económica se debe a otros usos, como es el caso de los cítricos (limón, mandarina, bergamota, etc.) de los cuales se extraen esencias de gran valor, pero cuyo uso principal es la producción de fruto fresco, jugos o concentrados.

Salvo las propiedades que surgen de la definición mencionada anteriormente, no hay características comunes a todos los llamados cultivos aromáticos. Todos tienen distinto manejo de cultivo, distinto uso y se desarrollan en condiciones agroclimáticas diversas.

Las plantas aromáticas incluyen hierbas, arbustos y árboles de todos los tamaños y pueden ser anuales, bianuales o perennes. Hay especies como la pimienta (*Piper nigrum* L.), un arbusto trepador de clima tropical, cuyos frutos se recogen cuando comienzan a ponerse rojos, luego se secan y se vuelven negros y rugosos. Así se obtiene la pimienta negra. Si esos frutos se dejan madurar y luego se los somete a un proceso de ablandamiento, fermentación y desecación, se obtiene la pimienta blanca. Esos frutos se utilizan como condimento y además podemos someterlos a un proceso físico (extracción con solvente) obteniendo la llamada oleorresina de pimienta, también de valor condimenticio por su sabor y aroma.

Por otro lado, tenemos especies de clima templado o templado-frío como la lavanda (*Lavandula* sp.) de la cual cosechamos las flores solamente, y que sometidas a un proceso físico distinto (arrastre con vapor de agua), dan la esencia de lavanda tan usada en perfumería y cosmética.

Los dos ejemplos mencionados representan cultivos con requerimientos agroclimáticos, técnicas de cultivo, tratamientos y usos tan distintos que es imposible tratarlos juntos en un estudio o descripción.

Dentro de los cultivos de importancia comercial, muchos originarios de clima templado o subtropical (especies de las Familias botánicas *Labiatae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*), pueden cultivarse con

éxito en el trópico, mientras que muchas de origen tropical, no pueden ser cultivadas fácilmente en otras regiones geoclimáticas.

Verlet (1993) estimó que las dos terceras partes de la producción mundial de esencias proviene de especies perennes arbóreas y más de la mitad de esa producción es de *Citrus* sp. La tercera parte restante proviene de especies herbáceas cultivadas. Hay una pequeña contribución de especies silvestres que no es mayor al 1 o 2%.

En términos cuantitativos las siguientes especies aportan el 90% de la producción mundial de esencias (sin considerar la esencia de trementina): naranja, limón, lima, *Mentha arvensis, M. x piperita, M. x spicata*, *Juniperus virginiana*, *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus globulus*, *Litsea cubeba, Syzygium aromaticum, Ocotea pretiosa*, *Cinnamomum micranthum*, *Lavandula* spp y patchuli. En términos de valor económico, a los anteriores hay que agregar otros que rinden productos de alto valor y están entre las 20 o más especies que aportan aproximadamente las tres cuartas partes del valor total de la producción, como rosa, jazmín, sándalo, vetiver, bergamota y geranio.

Teniendo en cuenta el valor comercial de la producción, se estima que los países en desarrollo y Europa del Este aportan aproximadamente las dos terceras partes de la producción mundial de esencias (Verlet, 1993). Dentro de los países en desarrollo, siete aportan el 85% de esa producción: China, India, Brasil, Marruecos, Egipto, Indonesia y Turquía.

El aprovechamiento de poblaciones silvestres, aunque poco relevante en términos cuantitativos comparado con las cultivadas, ha sido y es aún una actividad que debe ser atendida y estudiada desde el punto de vista agronómico, ecológico, económico y social. Debido a un mal manejo de esas poblaciones, existen especies cercanas a la extinción, se produce degradación de suelos y se observan problemas sociales en comunidades rurales por pérdida de fuentes de trabajo, al disminuirse o perderse el recurso económico. Las buenas prácticas agrícolas aplicadas a poblaciones silvestres, ayudarán a mantener la biodiversidad y un buen cuidado del medio ambiente.

Las poblaciones silvestres pueden llevarse a cultivo a través de procesos de domesticación, lo que muy probablemente lleve a un aumento de producción por unidad de superficie y mayor rentabilidad. El cultivo de las mismas, no impide que se continúe con su aprovechamiento en los ambientes de desarrollo espontáneo, con técnicas específicas y recomendadas para cada especie.

Los materiales aromáticos de origen natural tienen una fuerte competencia de sustitutos sintéticos y metabolitos secundarios producidos *in vitro* usando técnicas avanzadas de cultivo de células y tejidos.

La demanda de productos naturales es creciente en todo el mundo, principalmente por los problemas que se le atribuyen a muchos productos sintéticos sobre la salud humana y el medio ambiente. También existen en algunos casos razones de índole económica por los elevados costos de síntesis. Y una tercera razón es la imposibilidad tecnológica, hasta el momento, de imitar exactamente un aroma o fragancia natural por uno sintético debido a la complejidad de su composición química. Este último factor es muy marcado en el caso de algunas esencias usadas en perfumería.

La demanda de esencias y productos naturales cada vez más alta en las sociedades de elevado estándar de vida, debe ser satisfecha principalmente por países como los latinoamericanos de relativamente baja contaminación ambiental, buenos, variados y económicos recursos naturales y experiencias con resultados alentadores en la producción de materiales aromáticos.

Objetivos en el cultivo de plantas aromáticas

Según la industria o mercado al que se destinará la producción, el productor agropecuario realiza el cultivo con alguno de los siguientes tres objetivos:

a) Obtener material seco para venderla como tal y usarla en condimentos, infusiones, etc.

b) Obtener material fresco y/o seco con el fin de extraer su esencia y, en algunos casos, procesarse para obtener las llamadas oleorresinas.

c) Producir *hierbas frescas* para su uso directo como condimento en la industria alimenticia.

De acuerdo con los objetivos señalados precedentemente, se debe encarar la producción trabajando empresarialmente y poniendo énfasis en dos aspectos:

• En un amplio **estudio de mercado**.

• En la adopción del **paquete tecnológico** más apropiado para un **correcto manejo agrícola**, lo que permitirá obtener altos rendimientos con los menores costos de producción posible, o sea altos índices de rentabilidad.

Este manejo agrícola a adoptar incluye desde la selección del material genético a implantar, elección de técnicas apropiadas para la preparación de la tierra, siembra o plantación, labores culturales como riegos, desmalezados y control de enfermedades, hasta técnicas de cosecha y tratamiento del material postcosecha.

Agrotecnología de plantas aromáticas

1. Preparación del terreno.

El trabajo del terreno debe comenzar cuando se cosecha el cultivo precedente con técnicas diversas según el tipo de suelo. Los principales objetivos de estas tempranas labores son: un eficiente y correcto control de malezas, ya que éste es uno de los principales enemigos, y un manejo adecuado de la humedad que pueda retener el suelo. Estas operaciones, en un trabajo convencional, se realizan con herramientas como arado y rastra de discos, a fin de airear bien el suelo y destruir malezas. También se aconseja labranzas mínimas sin arar, en suelos propensos a la erosión tanto eólica como hídrica. Lo fundamental es dejarlo sin malezas vivas y aireado lo suficiente para favorecer el desarrollo de los microorganismos propios del terreno y la penetración del agua de lluvia hasta las capas mas profundas.

Para siembras o plantaciones de primavera, la última labor al final del verano precedente se debe llevar a cabo sin dejarlo muy refinado para evitar que el suelo “se planche”, o sea quede liso y casi impermeable al intercambio gaseoso con el ambiente durante el invierno. En esas siembras primaverales se deben comenzar las tareas desde el otoño a fin de llegar a la primavera con el terreno bien preparado.

2. Selección del material genético y métodos de multiplicación.

Las plantas aromáticas pueden dividirse en dos grandes grupos de acuerdo con el método de multiplicación:

• Aquéllas que se multiplican por semilla que corresponden a las especies anuales y no muestran mayor variabilidad genética en las poblaciones obtenidas de esta forma. Ejemplo: coriandro, anís, comino, hinojo, albahaca, manzanilla.

• Aquéllas que se multiplican vegetativamente, o sea en forma agámica, lo que representa una forma de reproducción asexuada, asegurándose ejemplares genéticamente idénticos. Este es el caso de aquellas especies, variedades o clones que no producen semillas, o la producen con baja fertilidad. También es el caso de poblaciones que por resultar de hibridaciones (cruzamientos entre individuos distintos genéticamente), sus semillas segregan, o sea producen individuos morfológica y genéticamente diversos. Esto último produce un cultivo poco uniforme, con problemas de calidad y maduración despareja. Ejemplo: *Mentha x piperita, Lavandula* spp., *Origanum vulgare, Thymus vulgaris, Rosmarinus officinalis, Aloysia triphylla, Artemisia dracunculus*.

Algunas plantas aromáticas pueden multiplicarse por ambos métodos como algunas variedades de tomillo, mejorana, etc.

Una correcta elección del material para iniciar un cultivo es básico y esencial para tener éxito en cualquier emprendimiento. Si es por semilla hay que asegurarse la seriedad de quien la produce para no tener sorpresas durante el desarrollo del cultivo. Si es por reproducción vegetativa, hay que conocer las plantas de las que se origina ese material de multiplicación. Es muy importante evaluar las experiencias anteriores realizadas en la misma región donde se iniciará un cultivo.

Si se utilizan semillas, se utiliza el término siembra; si se utiliza la reproducción vegetativa o agámica, se utiliza el término plantación. Estas tareas se pueden llevar a cabo en forma manual o mecanizada según la escala de producción y según los costos de mano de obra y de maquinaria en la región.

Las tareas manuales son más indicadas para las plantaciones de pequeñas superficies, menores a 5 hectáreas, o cuando es muy bajo el costo de la mano de obra.

La mecanización es apropiada para las siembras, no sólo porque las superficies son generalmente grandes, sino porque permite una distribución y profundidad uniforme de la semilla. También hay disponibles maquinarias para plantar, llamadas trasplantadoras, muy utilizadas en cultivos hortícolas tradicionales, que pueden implantar desde 2 a más de 10 hectáreas por jornada de trabajo según el tamaño de la misma.

La multiplicación por semilla puede efectuarse directamente en el campo (*Coriandrum sativum*, *Pimpinella anisum*) o en una primera etapa en almácigos para luego repicar a campo (*Thymus vulgaris*, *Majorana hortensis*).

En cuanto a la época de siembra o plantación es muy variable de acuerdo con la especie y la zona. Se pueden implantar en otoño (*Coriandrum sativum*, *Matricaria recutita*, *Origanum* spp.), al principio del invierno (*Salvia sclarea*, *Artemisia absinthium*), al final del invierno (rizomas de *Mentha x piperita*), al principio de la primavera (plantines de *Mentha x piperita*, *Ocimum basilicum*) o en pleno verano (*Valeriana officinalis*, *Angelica* sp.).

Siempre se recomienda hacer la siembra o la plantación en surcos a fin de facilitar el cuidado de malezas y la aplicación de riego si éste se hace en forma superficial. La distancia entre plantas varía según la especie y las técnicas que se emplearán durante su manejo. Para ciertas especies de alto desarrollo y gran sistema radicular, como *Cymbopogon* sp., *Rosmarinus officinalis*, se eligen intervalos largos, de 0,80 metros a 1,5 metros que permitan el tratamiento mecánico de malezas y un adecuado desarrollo de las plantas al cabo de 2 o 3 años. Algunas especies como *Coriandrum sativum* admiten una distancia de 0,15 metros entre surcos y menos aún entre plantas.



Fig. 1. Cultivo de Orégano. Argentina.

La profundidad de siembra depende de la capacidad de la semilla para penetrar en el suelo y difiere según las especies. Generalmente son siembras muy superficiales, entre 0,5 centímetros a 2,5 centímetros, ya que las semillas son pequeñas. Después de sembrar es recomendable pasar el rolo, maquinaria arrastrada por el tractor semejante a un rodillo que ayuda a la semilla a ponerse en contacto con la cama de siembra, creando un ambiente adecuado para germinar. Es el caso de semillas muy pequeñas como las de *Matricaria recutita, Thymus vulgaris,* etc.

Cuando se multiplican especies vegetativamente, el material de reproducción puede ser:

- Esquejes, trozos de tallos o estacas: deben tener por lo menos 3 yemas, una o dos para que queden bajo la superficie por donde saldrán las raíces y 2 o 3 sobre el terreno por donde emergerán los brotes aéreos. Ejemplo: *Lavandula* spp., *Rosmarinus officinalis, Aloysia triphylla.*

- Plantines: representan brotes aéreos con raíces producidas en los nudos de los tallos estoloníferos (tallos que desarrollan sobre el suelo) de algunas especies, como varias del género *Mentha*.

- División de matas: se obtienen de separar nuevas plantas de una misma mata. Ejemplo: *Origanum* spp., *Cymbopogon* spp., *Artemisia dracunculus.*

Un cuidado importante a tener en cuenta en las reproducciones vegetativas es que en el momento de plantación se debe contar con suficiente humedad en el suelo, de lo contrario es imprescindible aplicar riego.

En todos los casos el terreno debe estar muy finamente preparado con rastras de discos, de dientes, y/o rastras rotativas, con el objetivo de dejar los terrones bien desmenuzados y pequeños y favorecer así un buen contacto de las semillas o las raíces con la cama de siembra.

3. Labores culturales.

Las labores culturales comprenden los trabajos o tareas que se realizan en el cultivo desde la siembra o plantación hasta la cosecha con el fin de favorecer su desarrollo. Tienden a des-

truir las malezas para que no compitan con el cultivo, a mantener la humedad del suelo, a mantener la aireación del mismo rompiendo la costra superficial y a regar cuando es necesario y posible.

Las principales labores son:

• Pasada a principios de primavera de rastra de dientes para ciertos cultivos que vienen del año anterior, como *Mentha* spp. Los dientes deben estar inclinados hacia atrás, las pasadas se hacen en diagonal a la dirección de los surcos, y a no más de 3 centímetros de profundidad. Esta labor destruye las malezas que comienzan a germinar y vigoriza el cultivo al eliminar tallos débiles y viejos.

• Desmalezadas mecánicas mediante escardillo (herramienta que arrastrada por el tractor remueve el suelo entre surcos y elimina malezas) o manuales con implementos adecuados, para destruir malezas, favorecer la aireación de las raíces y la actividad de los microorganismos del suelo. La aireación y eliminación de malezas contribuye a una buena sanidad del cultivo, previniendo y combatiendo enfermedades e insectos perjudiciales. Además es una labor que favorece la incorporación de fertilizantes.

Entre los surcos se realiza con escardillos arrastrados por tractor, y entre las plantas sobre el surco, debe realizarse periódicamente con herramientas de mano.

La cantidad de desmalezadas depende de la cantidad de malezas presentes, de las condiciones climáticas, de la especie cultivada y de la utilización o no de herbicidas.

• Aplicación de herbicidas, que reducen sensiblemente las labores mecánicas, aunque no las elimina.

La recomendación de los herbicidas específicos depende del cultivo y de las malezas presentes en el mismo. Pueden aplicarse herbicidas de:

• pre-plantación.
• pre-emergencia de malezas y post-plantación.
• post-emergencia de malezas.

• Riego, principalmente en zonas áridas o en cultivos protegidos como aquéllos que se realizan en invernáculos para obtener hierbas frescas.

Los riegos pueden hacerse superficiales, por surcos, siendo los más recomendables cuando no hay pendientes pronunciadas que favorezcan la erosión. Estos riegos, que no humedecen la parte aérea de los cultivos, previenen algunas enfermedades y mantienen una mejor sanidad, a diferencia del riego por aspersión, que sólo es recomendable en la etapa de plantación.

• Controles fitosanitarios, a fin de prevenir y combatir ataques de insectos y nematodes y enfermedades producidas por bacterias y hongos.

A medida que aumenta la superficie de especies aromáticas, se puede observar la aparición de un gran número de enfermedades, de insectos perjudiciales y de agentes patógenos específicos con mayor agresividad que en la flora espontánea. El mejoramiento genético que se ha hecho de muchas especies ha tenido como objetivo un mayor rendimiento, descuidando la resistencia a plagas y enfermedades. Algunas plantaciones pueden perderse total o parcialmente ante la aparición de una plaga, como en *Mentha x piperita* ante el ataque del hongo *Puccinia menthae*, causante de la enfermedad denominada “roya de la menta”, que produce manchas oscuras en la ho-

ja y defoliación, comprometiendo seriamente la producción.

Las reglas generales de protección comprenden medidas preventivas y curativas. Las primeras son las más indicadas ya que son las más eficaces. Además hay que complementar con otras medidas como elegir el momento oportuno de siembra, preparación del suelo, control de malezas, riego estratégico, etc.

Las plagas y enfermedades presentes en cultivos aromáticos pueden combatirse con los agroquímicos utilizados para otros cultivos y aplicados por medios mecánicos terrestres o aéreos. Se deben respetar las restricciones de uso de cada plaguicida, en lo referente sobre todo al período que va de la última aplicación a la cosecha. Para las especies que se cosecha material para comercializar como "hierba", es obligatorio de acuerdo con todas las legislaciones donde ellas existen, que la última aplicación se realice 25 a 30 días antes de la cosecha.
Se considera que la mejor herramienta para luchar contra enfermedades y plagas es la creación de variedades resistentes por métodos tradicionales de mejoramiento o por biotecnología.

Una buena práctica agrícola para prevenir problemas sanitarios y mantener buena sanidad en los cultivos, es la rotación con otros cultivos tradicionales de corto ciclo. Se han realizado varias experiencias en zonas con tradición agrícola, recomendándose distintas secuencias de cultivos (Yadav y col., 1988; Dabney y col., 1988). En regiones subtropicales se ha demostrado que hay un incremento en el rendimiento de esencia / hectárea y en la rentabilidad por unidad de superficie, cuando se incluyen aromáticas en secuencias con cultivos tradicionales extensivos; específicamente se recomienda arroz - ajo - menta ; arroz - papa - cebolla - menta ; y arroz - manzanilla - menta (Muni Ram y col., 1996).

4. Cosecha

En general, las partes subterráneas (raíces, rizomas) se cosechan en períodos de reposo como otoño y primavera, ya que hay afluencia de principios activos hacia esos órganos.

Las partes aéreas (*Mentha, Thymus, Salvia, Ocimum, Origanum*) se cosechan a comienzos de floración. Las flores e inflorescencias se cosechan al principio o en plena floración (*Lavandula*), y los frutos y semillas, cerca de la maduración completa.

Las plantas cultivadas para extracción de esencias se cosechan preferentemente entre las 9.00 y las 16.00 hs para asegurarse que se haya eliminado el agua de rocío depositada sobre sus hojas y para que comience una deshidratación antes de la humedad relativa alta de la noche, con la excepción de *Salvia sclarea* que se cosecha de noche, entre las 19.00 y las 4.00 de la mañana. En trabajos realizados con *Aloysia triphylla* ("cedrón") en Chile, Vogel y col. (1997) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento y composición de la esencia cosechando en diferentes horas del día.

La cosecha se debe llevar a cabo con tiempo bueno, o sea con buena luminosidad y cuando no esté previsto lluvias en las próximas horas; las hojas y las flores luego de levantar el rocío, para asegurarse mayor concentración de sustancias activas, así como para evitar los problemas que trae una desecación de material con agua depositada sobre sus hojas. Las raíces y rizomas pueden cosecharse en cualquier momento del día.

Cuando se destina el material cosechado a comercializarlo como "hierba", ya sea material aromático o medicinal, hay que prestar mucha atención a la temperatura de secado. Por sobre la temperatura óptima hay pérdidas de principios activos, muy variables de acuerdo con la especie en cuestión.

Lo mismo ocurre con material destinado a extracción de esencia, ya que altas temperaturas favorecen una pérdida considerable de la misma.

La temperatura óptima para un secado artificial de *Matricaria recutita, Mentha x piperita* y *Salvia officinalis* es de 35ºC - 40ºC. Para especies con mucílagos (*Malva glabra*), la temperatura es de hasta 40ºC.

Cuando se cosecha material verde para extracción de esencias por arrastre con vapor de agua, es importante dejar orear dicho material antes de llevarlo al extractor. Esta deshidratación no sólo evita ocupar ineficientemente espacio en el destilador (por el exceso de agua) y reducir los costos de flete, sino que favorece el tiempo de extracción.

Momento oportuno para comenzar la cosecha

El tenor en principios activos está muy influenciado por el momento de la cosecha, hay un momento óptimo en cada órgano de la planta para una acumulación máxima de principios activos. Las variaciones son grandes durante el período de vegetación, o sea en función del estado fenológico, y también, puede haber variaciones durante el momento del día. Las plantas cosechadas antes del período oportuno no han llegado todavía al óptimo de la especie respectiva, y si se pasa solamente algunos días, puede haber una reducción en el contenido de principios activos. A veces se puede perder la posibilidad de cosechar una planta (por ejemplo una que perdió las hojas o los granos).

Una de las principales tareas del personal técnico y de los productores de plantas medicinales y aromáticas es saber cuáles son los momentos oportunos para la cosecha de cada especie.

Teniendo en cuenta el período de vegetación, el momento oportuno depende de los siguientes factores:

1. Condiciones atmosféricas. A causa de las diferencias que existen de un año a otro, el desarrollo de una planta puede variar produciéndose las fenofases (estados fenológicos) en fechas distintas. Por ejemplo, un año con temperaturas menores a las habituales o menos días de insolación, puede retardar la floración de un cultivo.

2. La latitud. Al acercarse al Ecuador, las temperaturas medias más altas aceleran la vegetación y adelantan las fenofases. Por ejemplo, en Argentina cada 10º de latitud hacia el norte se adelanta aproximadamente dos semanas la floración de algunas especies anuales.

3. La altitud. Sus diferencias tienen el mismo efecto que la latitud.

4. La exposición. Influye por el hecho que las pendientes expuestas al sol poseen una vegetación más avanzada porque reciben una energía calórica y luminosa mayor.

5. Las condiciones del terreno. Los suelos arenosos, minerales, sueltos, se calientan más fácilmente y permiten un crecimiento más rápido que los suelos arcillosos y pesados.

Para los diferentes grupos de cultivos existe un estado óptimo de cosecha:

• El grupo en el que importan sus flores debe ser cosechado al principio de la floración (un número de flores está todavía al estado de botón floral), o cuando la floración se encuentra a pleno. Este grupo exige gran atención porque en algunas especies

la floración puede durar pocos días.

• El grupo en el que se aprovechan sus hojas es cosechado cuando éstas tienen su forma, tamaño y color normal, es decir cuando se las considera “maduras”. Es el ejemplo de las especies pertenecientes a la familia de las *Gramineae*, como *Cymbopogon* spp. (“lemongrass”, “citronela”). El período de cosecha es generalmente largo, pero cuando se pasa el período óptimo, las hojas se manchan (necrosis por enfermedades o envejecimiento) y cambian su color.

• En el que importa toda la parte aérea (herbáceas) se corta en general durante la floración, antes que fructifique o sus flores se sequen. En la práctica agrícola a veces no puede respetarse estrictamente esta técnica, pues no dan los tiempos de cosecha y destilación por un problema de dimensionamiento de equipos extractores. Por ejemplo la *Mentha x piperita* y otras *Mentha* se comienzan a cortar cuando comienza la floración, para poder terminar antes que la planta comience a envejecer y pierda calidad su aceite esencial.

• En el que se aprovechan las raíces y/o rizomas se cosecha cuando la planta está en su reposo vegetativo anual que corresponde a dos momentos: antes o después del desarrollo vegetativo, o sea cuando las sustancias de reserva se acumulan en los órganos subterráneos. Si se cortan en plena vegetación, estos órganos subterráneos están casi desprovistos de sustancias de reserva, pues éstas migran a la parte aérea.

• En el que se cosecha la corteza, las plantas son cortadas cuando el período de vegetación arranca, porque la savia circula abundantemente y permite separar fácilmente la corteza del tronco.

• El grupo en las que se aprovechan las yemas o botones florales, las plantas son también cortadas al comienzo de la vegetación, antes que los botones florales se abran, cuando aún son pegajosos a causa de las sustancias resinosas que poseen.

• En el que se aprovechan los frutos, éstos se recogen cuando están completamente maduros, con el color y aroma característicos. Para algunos frutos, se retarda su recolección para permitir la pérdida de humedad y facilitar su cosecha y conservación hasta el procesamiento.

Cuando es posible, se puede seguir la dinámica de la acumulación de principios activos en laboratorio, sobre los órganos a cosechar, fijando el momento del corte en función de los resultados analíticos.

5. Post-cosecha

El material cosechado con **destino a la extracción de esencia** puede sufrir distinto tratamiento según la especie y el método de extracción utilizado.

Cuando se trata de frutos o semillas secas (granos), éstos deben cosecharse con la humedad apropiada para una buena conservación (10 a 12%) y luego deben almacenarse embolsados o a granel en lugares secos y protegidos de las altas temperaturas. Estos granos (coriandro, eneldo, anís, hinojo) pueden destilarse en cualquier momento del año y por arrastre con vapor de agua. Es conveniente su quebrado o molienda gruesa inmediatamente antes de la destilación, pa-

ra facilitar la extracción de la esencia y por lo tanto aumentar el rendimiento.

Cuando se cosecha material herbáceo o fresco en general (menta, eucalipto), se recomienda un oreado o deshidratado parcial antes de someterlo al proceso de destilación (por arrastre con vapor de agua). Esta operación permite una más rápida extracción de la esencia y un mejor aprovechamiento del destilador. Al deshidratarse se pierde agua que ocuparía lugar en el extractor. No conviene llegar a un deshidratado total por las posibles pérdidas de material cuando se manipula. En algunas especies puede observarse también una pérdida de esencia durante el secado, si éste es muy intenso o se lleva a cabo en malas condiciones. Esta pérdida es causada por evaporación, oxidación, resinificación, y otros cambios químicos.

Una vez cortado el material puede orearse durante 12 a 48 horas según las condiciones ambientales y teniendo en cuenta las consideraciones ya señaladas.

El material fresco de menta, por ejemplo, con alto contenido de humedad, no puede ser extraído completamente por destilación, o sólo con gran dificultad, y después de varias horas. La menta fresca tiene un poco más de esencia que la menta seca, pero es muy dificultosa la extracción total de esencia por destilación.

La pérdida de esencia durante el período de marchitamiento o secado es mucho mayor que durante el almacenaje del material luego de ser secado (Günther, 1948/51). Esto se explica pues durante el primer período de secado la planta retiene mucha humedad en sus células, la que por difusión lleva la esencia hacia la superficie y ayuda a su evaporación. Cuando desaparece la humedad no puede tener lugar la hidrodifusión.

Como norma general, pero con ciertas excepciones, se dice que las flores, hojas y tallos no permiten prolongados almacenamientos, mientras que las semillas, raíces y maderas, por su naturaleza, retienen la esencia por más tiempo.

El material cosechado **con destino a la producción de hierba seca** debe secarse lo más rápidamente posible. La mayoría de las especies cambian el color durante el secado debido principalmente a procesos de oxidación de sus compuestos. El proceso de secado tiene por objeto eliminar la humedad y con ello la posibilidad de que las enzimas actúen y se produzcan las oxidaciones y otros procesos destructivos. De ahí la importancia de un secado rápido.

Existen numerosos métodos de secado y en todos ellos debe tomarse en cuenta la humedad relativa del aire y la temperatura. La primera debe ser lo más baja posible para favorecer la salida del agua desde el material vegetal hacia el exterior, y la temperatura no debe sobrepasar la óptima para cada especie, por ejemplo para orégano no sobrepasar los 45ºC; a temperaturas mayores se observa un fuerte oscurecimiento del material.

La calidad de las hierbas secas está dada principalmente por: color, limpieza o pureza y aroma. El color depende en mayor medida de las condiciones del secado, se favorece con baja humedad relativa (menos del 30%) y baja temperatura (no mayor a la óptima para cada especie).

El proceso de secado termina con una humedad de alrededor del 10% en el material cosechado. Luego debe procesarse a través de alguna máquina que separe hojas de tallos y ello se consigue con trilladoras o máquinas que posean el fundamento mecánico de las mismas, también llamadas despaladoras.



Fig. 2. Despaladora o trilladora.

La última etapa antes de envasar el producto es tamizarlo para eliminar tallos y trozos grandes de la planta, tarea que se lleva a cabo con zarandas y tamices convencionales, de medidas variables según la especie que se esté trabajando.

Producción orgánica

Las nuevas tendencias de la agricultura tienen como objetivo no sólo lograr mayor calidad del producto obtenido sino también provocar el menor impacto posible sobre el medio ambiente. La agricultura orgánica fomenta en todo momento los ciclos naturales de los nutrientes y de los seres vivos evitando el uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas, aditivos químicos y reguladores de crecimiento. Basa sus prácticas en los principios de:

- biodiversidad para favorecer el equilibrio biológico,
- unidad en el manejo del ecosistema ya que éste funciona como un todo,
- reciclaje de nutrientes.

La producción orgánica se justifica plenamente en el caso de las plantas medicinales, en donde interesa que los medicamentos vegetales obtenidos estén libres de agroquímicos y de otros productos que puedan perjudicar la salud del consumidor.

El desarrollo de la agricultura orgánica se ha incrementado notablemente en los últimos años, sobretodo en los países más desarrollados en donde existe la decisión política de trabajar en armonía con el medio ambiente y el cuidado de los recursos. Fuera de Europa y EEUU de N. su desarrollo es más incipiente. En Latinoamérica, existe en casi todos los países un sector agrícola orgánico, pero el grado de desarrollo varía ampliamente. Argentina, Brasil, Costa Rica, El Salvador son algunos países americanos que cuentan con los más elevados porcentajes de superficie dedicadas a los cultivos orgánicos; en el último tiempo Chile tuvo un importante aumento en la superficie sembrada. La mayor parte de la producción orgánica de los países de Latinoamérica se destina a los mercados externos ya que en las naciones con poder adquisitivo elevado, la demanda por la producción orgánica no está satisfecha, lo que trae como consecuencia un precio más elevado de los productos ecológicos con respecto a los convencionales.

Técnicas de producción

1. Suelo:

El manejo ecológico del suelo implica:

- Labranza mínima para producir el menor daño a la estructura del suelo y el menor disturbio a los organismos que viven en él.
- Reciclaje de nutrientes.
- Incorporación de la mayor cantidad posible de materia orgánica.
- Tener en cuenta el grado de erosión potencial del suelo y programar los métodos para su prevención.

2. Agua:

Para manejarse en forma sustentable debe evitarse su uso excesivo y prevenirse la salinización.

3. Abonos orgánicos:

Los nutrientes son suministrados en forma de compuestos orgánicos, relativamente insolubles, que se hacen disponibles para el cultivo a través de la acción de los microorganismos del suelo. En comparación con los fertilizantes inorgánicos tienen mayor cantidad de carbono, pero son más pobres en nutrientes.

Los más usados en la agricultura orgánica son:

a. Compost: es el resultado de una degradación aeróbica de diferentes materiales orgánicos como residuos vegetales, deshechos domésticos orgánicos, residuos de cultivos de hongos, etc. Su elaboración requiere tiempo, pero su empleo es muy importante para suelos pobres y desgastados ya que aumenta la porosidad y la aireación del mismo, la movilización de nutrientes, la capacidad de intercambio iónico, disminuye la compactación, mejora el pH, etc. Es muy importante tener en cuenta la maduración del compost para su empleo como abono. O'Brien y col. (1996) determinaron que la menta (*Mentha x piperita*) requiere para su desarrollo un compost maduro con buena disponibilidad de nitrógeno.

b. Estiércol: es el conjunto de deyecciones sólidas y líquidas de distintos animales (vacas, cerdos, aves, etc.) y la "cama" u otro material que se acumula en los corrales en una relación de 3:1. El contenido en nutrientes es variable según tamaño, edad y condición de los animales de donde provienen. Su uso es limitado debido a patógenos y nitratos que puedan aportar al suelo. También puede acarrear semillas de malezas que podrán germinar durante el cultivo. Por otro lado, al tratarse de un material orgánico, libera microelementos (Bo, Mn, Cu, Zn, etc.) que no aportan los fertilizantes sintéticos.

c. Lombricompuesto: es el material resultante de la ingestión de materia orgánica de diferentes orígenes y preferiblemente con altos porcentajes de celulosa por parte de lombrices (*Eisenia foetida*). El producto formado se caracteriza por tener un buen grado de agregación y ser rico en microorganismos y hormonas.

d. Coberturas: las coberturas orgánicas pueden ser vivas o muertas. Tienen la ventaja de aportar nutrientes, conservar la humedad del suelo e inhibir la germinación de malezas. Las coberturas orgánicas muertas comprenden materiales de deshecho como corteza de árboles, cáscaras de cereales, pastos secos, residuos de madera, etc. Y las vivas, se realizan con un segundo cultivo agregado al principal, generalmente de Leguminosas.

e. Harinas: son productos animales transformados, procedentes de mataderos y de la industria del pescado que aportan especialmente nitrógeno y fósforo. Ejemplos: harina de sangre, de hueso, de pescado. Son productos caros y deben aplicarse con precaución para evitar daños al cultivo.

f. Abonos verdes: se implantan cultivos especialmente de Leguminosas y Gramíneas con el objeto de mejorar la estructura física y la actividad biológica del suelo, y aportar nutrientes. En las zonas tropicales existen gran variedad de especies que pueden actuar como abonos verdes.

Material vegetal seco y molido, y extractos de plantas, también pueden utilizarse como fertilizantes orgánicos. Por ejemplo, la ortiga (*Urtica* spp.) es una maleza nitrofílica que acumula nitrógeno en sus hojas como nitratos y aminoácidos libres y puede ser usada como abono verde que aporta nitrógeno al suelo. Thomas Li (1994) observó aumento de crecimiento en albahaca, estragón y perejil tratando el suelo con extractos acuosos de hojas frescas y hojas secas molidas de ortiga.

g. Abonos foliares: son productos líquidos que son aplicados en forma de pulverizaciones. Provienen de fermentaciones aeróbicas y anaeróbicas de derivados de animales y plantas que pueden estar enriquecidos con elementos minerales.

4. Fertilizantes inorgánicos:

Aportan más nutrientes que los abonos orgánicos. Se usan en la forma de compuestos químicos provenientes directamente de rocas, procesados de fuentes minerales o manufacturados a partir de simples elementos.

5. Plantas indicadoras:

Las plantas espontáneas (malezas) están totalmente adaptadas al ambiente, aportan materia orgánica, reducen la erosión, actúan como recicladoras de nutrientes e "indican" la situación del suelo. Así por ejemplo, Leguminosas, diente de león (*Taraxacum officinale*), llantén (*Plantago major*) son indicadoras de presencia de Ca y Mg en el suelo ; lengua de vaca indica exceso de N y falta de Cu ; plantas estoloníferas son indicadoras de protección del suelo; quínoa (*Amaranthus* spp.), ortiga (*Urtica* spp.) y verdolaga (*Portulaca oleracea*) predominan en suelos muy ricos en nitratos.

6. Control de malezas:

Existen distintas técnicas para evitar la competencia entre las plantas espontáneas y las cultivadas. Pueden utilizarse métodos térmicos para el control de malezas; coberturas del terreno; métodos biológicos que implican la utilización de hongos e insectos que son enemigos específicos de determinadas malezas, como así también, el empleo de especies competitivas.

Las técnicas convencionales de laboreo, mejoradas y controladas, también pueden emplearse para el control de malezas en un cultivo orgánico.

7. Control de insectos y microorganismos:

En la agricultura ecológica se trata de hacer un trabajo preventivo mejorando el máximo posible, las condiciones del suelo, el manejo del cultivo y el estado nutritivo del mismo. Las plantas nutridas con abonos orgánicos, en suelos con buena cantidad y calidad de materia orgánica, con buenas técnicas de laboreo y sin uso de agroquímicos, son más resistentes al ataque de patógenos e insectos al lograr un metabolismo más equilibrado.

Existen insecticidas vegetales usados tradicionalmente como los extractos de flores secas de *Chrysanthemun cinerariaefolium*, de hojas de tabaco y otras especies de *Nicotiana*, y de raíces de *Derris eliptica* que se degradan sin dejar residuo. También preparados vegetales a base de: *Quassia amara, Ryania speciosa, Melia azederach, Azadirachta indica, Schoenocaulon officinale* se utilizan para el control de plagas.

Aceites vegetales y animales, propóleo, jabón potásico, aceites minerales, preparados a base de *Bacillus thurigiensis* (insecticida biológico) son productos aceptados por la reglamentación argentina para el control de plagas en un cultivo ecológico.

Pueden utilizarse minerales como el cobre y el azufre, también usados en la agricultura convencional.

8. Cultivos asociados:

Esta técnica se basa en los intercambios que tienen lugar entre los seres vivos que pueden ser benéficos o no. La elección de asociaciones trata de minimizar la competencia y maximizar la complementación entre las especies. Las plantas producen efectos sobre otras plantas y animales a través de sustancias alelopáticas, secreciones, olores, etc. Es muy complicado su manejo. Algunas asociaciones con buenos resultados son: orégano con *Tagetes*, orégano con centeno, orégano con tomillo.

9. Rotaciones:

Mejoran las condiciones nutricionales y sanitarias de los cultivos y acortan el ciclo de las malezas. Para la organización de las rotaciones, se tiene en cuenta la rentabilidad de los cultivos y las necesidades de abono de cada uno.

Muni Ram y col. (1996) trabajaron en la India con rotaciones de plantas aromáticas, cereales y hortalizas, observando mayores rendimientos de aceites esenciales en menta japonesa (*Mentha arvensis*) con una rotación de: arroz- papa- cebolla- menta; aunque la mayor rentabilidad y eficiencia en la producción, la obtuvieron con una rotación de: arroz- ajo- menta.

10. Semillas y material de reproducción vegetativo:

Tanto las semillas como el material vegetal de propagación se deben proveer en lo posible de producciones orgánicas certificadas.

Se prohíbe el uso de semillas transgénicas y de material de reproducción genéticamente alterado. La ingeniería genética no tiene lugar en la producción orgánica.

11. Recolección y cosecha:

Se recomienda recolectar o cosechar en el momento apropiado para cada especie en condiciones de baja humedad atmosférica. En la recolección de la flora silvestre, se debe asegurar la estabilidad de las especies involucradas en el sistema.

Certificación y legislación

En Europa, los primeros estándares para producción orgánica fueron publicados en Francia en 1972; este país fue el primero en introducir la etiqueta oficial AB (Agriculture Biologique) para certificar productos orgánicos, ratificada por ley en 1980. En la Comunidad Europea, la EC Council Regulation nº 2092/91 on Organic Foods, rige desde 1992. En la Argentina, la primera legislación que estableció políticas de desarrollo para la producción orgánica se dictó en 1992 y corresponde a la resolución 423/92 de la SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de La Nación) (IASCAV, 1992).

Certificación internacional: en 1972 se formó la asociación internacional no gubernamental IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) que actualmente agrupa organizaciones certificadoras de productos orgánicos pertenecientes a alrededor de 100 países de todo el mundo (IFOAM, 1992). En el *Codex Alimentarius* de la FAO (Naciones Unidas) existen lineamientos para la producción de alimentos orgánicos.

La certificación incluye inspecciones por parte de la organización certificadora en los distintos niveles de la obtención de un producto ecológico : cultivo, procesado, envasado, preservación, almacenaje y transporte. Se certifica de acuerdo con las normas vigentes en el país o según los estándares de cada empresa certificadora que no pueden ser menos exigentes que los nacionales.

Incidencia de los factores agrclimáticos

Son varios los factores agroclimáticos que inciden marcadamente en el desarrollo del cultivo de una especie vegetal, influyendo tanto en el rendimiento como en la calidad del producto obtenido.

Temperatura. Juega un rol decisivo, por ejemplo, en la germinación de las semillas. Cada especie tiene un requerimiento de temperatura para que sus semillas germinen, por lo que la época de siembra se fija teniendo en cuenta entre otros factores la temperatura media, que influye marcadamente sobre la temperatura del suelo. Hay especies como el coriandro (*Coriandrum sativum*) que requieren una temperatura media del aire de 4 a 6ºC para germinar, mientras que especies de climas tropicales o subtropicales no lo hacen a menos de 20ºC.

La temperatura óptima para el crecimiento de las distintas hierbas aromáticas depende de la especie, del genotipo y del hábitat natural. La albahaca (*Ocimum basilicum*), nativa de climas cálidos, produce los mejores rendimientos bajo condiciones cálidas, mientras que el orégano (*Origanum* spp.), naturalmente de climas templados, produce mejores rendimientos bajo temperaturas moderadas.

Humedad: Durante la fase de crecimiento intenso que precede generalmente a la floración, las plantas tienen necesidad de más humedad.

La lluvia caída durante la floración puede ser perjudicial, si ella se prolonga, pues impide la polinización de plantas alógamas (de fecundación cruzada) en las que se cosecha el fruto o las semillas (*Coriandrum sativum*, *Pimpinella anisum*, *Foeniculum vulgare*, *Anethum graveolens*, etc.); también en las que se cosechan las hojas o las partes superiores (*Mentha* spp., *Thymus vulgaris*, *Pelargonium graveolens*, *Ocimum basilicum*, etc.), si después de la aparición de los brotes sigue un largo período de lluvias. En este último caso, los principios activos no pueden acumularse y la calidad de la producción es inferior. Por el contrario, el tenor de los principios activos es más alto en la mayoría de las especies durante los años de leves precipitaciones.

Por ello es que el riego es una herramienta en el manejo del cultivo sumamente útil para lograr buen rendimiento y calidad. Permite regular la disponibilidad de agua en los momentos más necesarios para el cultivo.

Una elevada humedad relativa del aire no perjudica la acumulación de principios activos, pero puede favorecer la aparición de enfermedades producidas por hongos y otros microorganismos.

Luz o luminosidad. Se puede decir que las plantas consumen alrededor del 3% de la energía luminosa que llega a sus hojas para sintetizar las sustancias orgánicas. La influencia de la luz es manifiesta desde el período de germinación de los granos.

El crecimiento y sobre todo el desarrollo normal de las plantas, la floración y la aparición de frutos depende de la cantidad de horas de luz que recibe (fotoperíodo). Hay plantas de "día

largo”(que requieren fotoperíodos largos para florecer) y de “día corto” (requieren fotoperíodos cortos para florecer). Dentro de una misma especie hay variedades o líneas genéticas que reaccionan distinto frente al fotoperíodo. La mayoría de las investigaciones referidas a la influencia de la luminosidad sobre la acumulación de principios activos, muestran que la acumulación de aceites esenciales, alcaloides, y glucósidos es mas grande cuando la luminosidad es más intensa y dura más.

Para las plantas que exigen mucho calor y luminosidad (*Lavandula angustifolia*) se deben elegir terrenos de suelo “ligero” (que capten rápido el calor), situados sobre la pendiente protegida, sin corrientes de aire, y orientadas lo más posible hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte en el hemisferio Sur, para asegurar una exposición lo más larga posible a los rayos del Sol. En estos cultivos se debe prestar también una particular atención a la densidad de siembra o de plantación por unidad de superficie y a la destrucción de malezas, pues estas últimas no deben molestar con su sombra el desarrollo de las plantas. La experiencia ha demostrado que las plantas sintetizan el máximo de principios activos en condiciones semejantes a las condiciones óptimas del medio natural de donde proviene el material de multiplicación utilizado.

Cultivos de *Salvia officinalis* del sur de Europa rinden 2,5% de aceite esencial, mientras que al norte de Europa llega al 1,4%. La regiones del norte de Europa tienen la misma influencia negativa que las zonas marítimas sobre la síntesis y acumulación de esencias, alcaloides y glucósidos. El tenor más elevado en principios activos se obtiene en las zonas del sur y centro de Europa.

La producción de aceite esencial se incrementa con incrementos del período de luz en numerosas especies: menta inglesa, manzanilla, estragón, tomillo y eneldo. Bajo condiciones de día largo, se incrementa el contenido de mentol y mentona, mayores componentes de la esencia de menta inglesa, mientras que el contenido de mentofurano, componente poco deseable, tiende a decrecer.

Bernáth (1986) realizó una amplia revisión bibliográfica sobre la incidencia de factores agroclimáticos, como luz y temperatura sobre la formación de compuestos secundarios en plantas aromáticas y medicinales.

Suelo. Las exigencias de los cultivos aromáticos en cuanto al suelo se pueden dividir en las referidas a las características físicas del suelo y a las de tipo químico. Las primeras son muy difíciles de modificar en un terreno si hablamos de cultivos extensivos, o sea los que cubren grandes extensiones con poca utilización de mano de obra. Para casi todas las especies es necesario contar con suelos “sueltos”, de textura franca, arenosa o franco-arenosa. Nunca pensar en terrenos “pesados”, con textura arcillosa, de difícil permeabilidad. En cambio las condiciones de tipo químico las podemos modificar con técnicas generalmente factibles desde el punto de vista económico con el agregado de abonos y fertilizantes.

Las plantas en las que se cosecha la raíz (*Valeriana officinalis*, *Zingiber officinalis*) se cultivan sobre terrenos situados cerca de riveras, en suelos sueltos y donde se puede obtener humedad conveniente gracias al agua de las napas freáticas.

Aquellas especies cuya importancia está en el follaje (*Mentha x piperita*, *Cymbopogon citratus*, etc.) es recomendable cultivarlas en suelos fértiles, profundos, aireados, con capacidad de retener agua.

Las plantas productoras de frutos o semillas (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare*, etc.), requieren suelos fértiles, bien provistos de fósforo asimilable. Existen especies que tienen exigencias reducidas respecto al suelo, como la *Matricaria recutita*, que tolera suelos salinos.

Para la mayoría de las especies aromáticas, el pH del suelo debe ser ligeramente ácido hacia el neutro, o ligeramente alcalino; las mejores cosechas se obtienen en pH entre 6,3 y 7,2 ; mientras que en suelos muy ácidos o muy alcalinos puede haber una disminución hasta de un 70%, o directamente no prosperar el cultivo.

En Tabla 1 se indican algunos pH mínimos y máximos para algunas especies aromáticas comunes.

Nombre común	Nombre botánico	pH mín.	pH máx.
Albahaca	*Ocimum basilicum*	4,3	8,2
Ciboulette	*Allium schoenoprasum*	5,0	8,2
Coriandro	*Coriandrum sativum*	4,9	8,2
Eneldo	*Anethum graveolens*	5,0	8,2
Hinojo	*Foeniculum vulgare*	4,8	8,2
Lavanda	*Lavandula angustifolia*	6,4	8,2
Toronjil	*Melissa officinalis*	4,5	7,6

Tabla 1. Rangos óptimos de pH para el cultivo de algunas especies aromáticas

En cuanto al uso de *fertilizantes*, podemos señalar que difieren mucho las recomendaciones en cultivos aromáticos, según dónde se busquen alta concentración de metabolitos aromáticos: en raíces, hojas o flores.

Las conclusiones de experiencias e investigaciones efectuadas muestran que en las plantas que se cosecha la parte aérea y más específicamente las hojas (*Mentha x piperita*) exigen dosis elevadas de nitrógeno; las plantas cultivadas por sus flores o frutos exigen más fósforo (*Lavandula* spp.); y las plantas en las que se utilizan las raíces o tubérculos necesitan más potasio.

Los fertilizantes pueden ser inorgánicos u orgánicos; los primeros aportan exclusivamente elementos minerales, mientras que los otros además pueden aportar materia orgánica que mejora no sólo la disponibilidad de nutrientes sino que mejora algunos aspectos como la retención de agua y las condiciones de acidez.

Varias experiencias mostraron que los fertilizantes minerales tienen una influencia positiva sobre la calidad de flores de *Matricaria recutita* (Paún y col., 1966). La producción de esencia/ha se acrecentó un 46% con la aplicación de nitrógeno y fósforo en dosis de 50 kg/ha de sustancia activa. Esta fertilización también contribuyó a un aumento en la producción de azulenos, en un 32% más que el testigo. (Tabla 2)

	Esencia		Azuleno	
	Litros/ha	%	g/ha	%
Testigo no fertilizado	2,59	100	64,39	100
N 50 P 50	3,78	146	85,23	132

Tabla 2. Variación en la calidad de la esencia de manzanilla alemana en función del uso de fertilizantes.

Para especies anuales se pueden recomendar las siguientes dosis y asociaciones de fertilizantes:

Partes útiles	Otoño (kg/ha)	Primavera (kg/ha)
Raíces	P 60-80	N 35-45
Hojas y partes aéreas	P 50-60	N 50-70
Flores, inflorescencias	P 40-60	N 35-40
	K 40-60	

Tabla 3. Dosis recomendadas de fertilizantes para especies anuales.

Y para especies perennes:

Partes útiles	1º año (kg/ha)		2º año (kg/ha)	
	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera
Frutos y semillas	P 50-60	N 35-40	—-—-	——-
Flores e inflorescencias	P 60-80	N 35-40	P 50-60	N 35-40

Tabla 4. Dosis recomendadas de fertilizantes para especies perennes.

Mejoramiento de especies aromáticas

Hay varios elementos morfológicos a tener en cuenta para relacionarlos con la capacidad de producción de aceites esenciales u otros metabolitos, según la especie en estudio.

Por ejemplo para *Coriandrum* sativum se tiene en cuenta:
- número de umbelas (inflorescencias de las *Apiaceae*)
- cantidad de frutos por umbela
- peso específico de los frutos (relación entre peso y volumen)

Para *Mentha x piperita*:
- número de ramificaciones
- número de hojas
- peso de la parte aérea
- relación tallo-hojas

Para *Lavandula angustifolia*:
- número de inflorescencias
- número de verticilos
- cantidad de flores

Generalmente hay una correlación negativa entre la producción de masa verde o biomasa y el contenido en principios activos. En ciertas especies esta misma correlación se establece entre la dimensión de las hojas y el contenido de esencia, como en *Mentha x piperita*; o bien entre el tamaño del fruto y el tenor en esencia, como en *Coriandrum sativum*.

Otro criterio de selección para las especies en las que se utilizan las hojas y otras partes aéreas, es el ritmo de crecimiento y la precocidad.

Un objetivo específico en algunas especies se refiere al aspecto comercial de la materia prima cuando se destina a herboristería. Por ejemplo las hojas de menta deben tener el color verde oscuro y la nervadura violácea; las flores de manzanilla deben dar una tisana color limón.

Para aquellos materiales destinados a la destilación se debe tener en cuenta primordialmente la calidad de la esencia que produce. Los componentes principales que deben ser aumentados en algunos casos en las esencias por mejoramiento, son específicos para cada especie; por ejemplo en *Matricaria recutita* se busca aumentar el contenido en azulenos, bisabolol y flavonas; en *Mentha arvensis*: mentol.

La *Mentha x piperita,* producto de hibridaciones espontáneas (cruzamientos entre individuos) y luego multiplicada en forma vegetativa, está caracterizada por una gran variabilidad. En

Rumania, por selección individual aplicada a la descendencia, se ha creado la variedad productiva "Columna", con mayor tenor en esencia que la menta local (Tabla 5) y resistente a roya, que es una enfermedad muy común en esta especie producida por un hongo (Paún, 1966):

	material verde		esencia		mentol	
	quintal/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Mentha piperita local	277	100	63,9	100	33,8	100
"Columna"	329	119	77,1	121	39,2	116

Tabla 5. Comparación de calidades de dos mentas inglesas.

En *Mentha spicata* var. crispa, se creó en Rumania la variedad "Mencris" (Paún, 1966), que dio un aumento de 21% en materia verde y de 43% de esencia:

	material verde		esencia	
	quintal/ha	%	kg/ha	%
M. spicata (EEUU de N.)	153	100	35,1	100
"Mencris"	185	121	50,4	143

Tabla 6. Comparación de calidades de dos mentas spearmint.

En *Mentha x piperita*, un método de mejoramiento es la selección de mutantes somáticos surgidos espontáneamente, que afectan ciertos órganos o la planta entera. La mayoría de estas mutaciones representan un retorno a formas salvajes y no son de valor; sin embargo por esta vía se obtuvo una variedad de valor en Bulgaria: la "maritsa 1", precoz y con buen rendimiento de esencia/ha.

El método de la poliploidía con la colchicina (droga que actúa sobre la multiplicación celular), o sea la obtención de ejemplares con número cromosómico múltiple del número diploide común, ha sido aplicado a un gran número de especies (Tétényi, 1966), pero hasta el presente se han utilizado formas poliploides únicamente en *Matricaria recutita* y *Mentha x piperita*. En las especies mencionadas las formas tetraploides, o sea con el doble de cromosomas que el diploide, han dado producciones de materia prima superiores a las formas diploides, en cuanto a tenor en principios activos. Por este método han sido creadas las variedades húngaras de manzanilla "Zlotylan", "Budakalazsi", "Grossblutige", y "Pohorelca velkovata".

A pesar de que la utilización de las plantas aromáticas es tan antigua como la de las alimenticias, se considera que su mejoramiento está muy atrasado con respecto a estas últimas, hay pocos cultivares y variedades comerciales. Muy probablemente porque los cultivos aromáticos tienen una importancia económica mucho más reducida, y no hay inversiones considerables destinadas a su mejoramiento.

Cultivo *in vitro*

La célula, unidad morfológica y fisiológica de todo organismo vivo, contiene en su núcleo toda la información genética del organismo, por lo tanto a partir de una sola célula o de varias se puede obtener otro organismo genéticamente idéntico. Este concepto básico tan utilizado en la

biotecnología de las últimas décadas, se está aplicando en todo el mundo también para las plantas aromáticas. La reproducción en laboratorio y en un medio de cultivo de una célula o de un tejido se denomina cultivo *in vitro*. Casi todas las especies de importancia económica han sido objeto de estudios sobre cultivos *in vitro*, con diferentes objetivos.

Los objetivos o aplicaciones del cultivo de células y tejidos son los siguientes:

• Micropropagación, o sea producción de gran cantidad de individuos genéticamente idénticos a los padres, en corto período de tiempo y a partir de poca cantidad de material.

• Producción de plantas libres de virus. Técnica usada actualmente en Estados Unidos de N. para producir plantines de *Mentha x piperita* y *M. spicata* por parte de importantes productores.

• Preservación de germoplasma, o sea mantener en laboratorio material genético de plantas que puedan perderse en cultivo y puedan servir en algún momento, o conservar especies en vías de desaparición.

• Ensayos tempranos en trabajos de selección. En muchos trabajos de mejoramiento es importante analizar o ensayar características de los individuos pertenecientes a una generación, antes de completar su ciclo; el cultivo de células o tejidos permite esas tareas.

• Polinización y fertilización *in vitro*. La producción de algunos híbridos por las técnicas convencionales presentan dificultades que pueden ser evitadas, realizando el cultivo en laboratorio de óvulos extraídos de la planta cuando se hayan fertilizado.

• Producción de plantas transgénicas. Éstas son las que contienen uno o más genes transferidos de otra especie, por medio de métodos de ADN recombinante (*ingeniería genética*).

• Producción y biotransformación *in vitro* de metabolitos secundarios.

Innumerables trabajos se han publicado sobre cultivos *in vitro* aplicados a plantas aromáticas e importantes recopilaciones bibliográficas como las de Smith y col. (1990), Bajaj (1993), y Krikorian (1994).

Las técnicas de micropropagación están disponibles actualmente para gran cantidad de especies cultivadas de plantas aromáticas.

En muchos casos, las plantas cultivadas *in vitro* muestran características de crecimiento diferentes a las cultivadas por métodos tradicionales. Esos cambios pueden observarse durante la etapa del cultivo *in vitro* o luego de trasplantarlas al campo.

Las variaciones somaclonales son variaciones genéticas que consisten en mutaciones génicas o cambios cromosómicos (generalmente con ganancia o pérdida de un cromosoma o de un número inferior al del complemento básico), que suelen aparecer en cultivos *in vitro* de tejidos. Variaciones somaclonales deseables inducidas por cultivo de tejidos se obtuvieron en trabajos de mejoramiento sobre varias especies aromáticas. Entre algunos ejemplos de variaciones somaclonales obtenidas se puede citar a *Mentha* (Kukreja y col.,1991), *Cymbopogon winterianus* (Mathur y col., 1988), *Artemisia annua* (Elhag y col., 1992), lavanda (Panizza y col. 1990), sándalo (Rao y col.,1994), *Citrus* spp. (Gritter, 1986).

Cultivo de especies de *Mentha* spp. para producción de esencias

Las técnicas de cultivo desde siembra o plantación hasta las tareas de post-cosecha varían mucho de acuerdo con la especie estudiada. De ahí la imposibilidad de tratar todos los cultivos en este texto, por lo que se enunciarán algunos aspectos del manejo de *Mentha* spp., que pueden ser tomados como modelo.

Existen muchas investigaciones y experimentaciones referidas a especies de este género y su manejo puede asemejarse al de muchas otras aromáticas herbáceas y perennes cultivadas para producción de hierba seca y de esencia.

Con el nombre de mentas se conocen a una gran cantidad de especies pertenecientes a la Familia de las *Labiatae* y al género *Mentha* L. Sus cultivos y usos comenzaron en Europa en épocas remotas, atribuyéndoles desde propiedades curativas como digestivas, calmantes, anestésicas, etc., hasta cualidades culinarias y cosméticas.

Hay varias mentas naturalizadas en América y varias cultivadas en el mundo en menor o mayor escala. Pero pocas son de importancia económica por el uso de su esencia o por el comercio de sus hojas.

Merecen destacarse la *Mentha x piperita* L. (menta inglesa, menta Mitcham o Menta Italo-Mitcham); la *Mentha arvensis* L. (o menta japonesa); la *Mentha spicata* (Spearmint americana); y la *Mentha cardiaca* (o Spearmint escocesa).

Todas son plantas herbáceas, perennes, productoras de gran cantidad de rizomas, los que se usan para su multiplicación. Las flores son pequeñas, y pueden estar dispuestas en verticilos axilares o en inflorescencias espiciformes terminales según la especie. Todas las mentas tienen tallos cuadrangulares, verde oscuro en la mayoría y púrpura en la especie *M. x piperita* . Las hojas poseen dos tipos de pelos glandulares, unos con la base unicelular y glándula pequeña de una sola célula y otros con la glándula multicelular (Trease y col.,1986).

A pesar de que producen semillas viables no es aconsejable su uso para plantaciones comerciales por la variabilidad genética que poseen y su bajo poder germinativo.

El valor comercial de las mentas está dado por su aroma y sabor, y éstos dependen de los componentes químicos de la esencia. A su vez ésta no sólo se encuentran influenciadas por el medio sino también muy marcadamente por factores genéticos. La dilucidación de la naturaleza del control genético en la formación de los componentes de la esencia es difícil porque el género *Mentha* es un género poliploide, o sea con más de dos complementos cromosómicos básicos que contiene especies alo-tetraploides (resultante de una hibridación interespecífica seguida de duplicación cromosómica) y alo-octaploides (duplicación del número cromosómico de un alotetraploide).

Mentha x piperita L.

Presenta flores lilas o blancas. Es la llamada “menta inglesa” o “menta Mitcham”. Hay en cultivo dos “tipos” o “variedades”: la negra y la blanca. La negra es la variedad *vulgaris* Solé, la blanca es la var. *officinalis* Solé. La variedad negra tiene tallos purpúreos y hojas verde-oscuras, con nervaduras también purpúreas; la planta tiene más desarrollo que la blanca, es más rústica, está más difundida y tiene más esencia pero de menor calidad que la blanca. La variedad blanca tiene hojas y tallos verde-claro. En la zona norteamericana de cultivo de esta especie se conocen numerosas variedades, siendo las principales: menta negra (originaria de Mitcham, condado de Surrey, Inglaterra), la Todd’s Mitcham (debido a su principal productor, la firma Todd Co. de EEUU de N.), la Yakima y la Murray Mitcham. Las esencias de estas mentas se utilizan principalmente en la elaboración de golosinas para dar el sabor conocido como “peppermint”, y sus hojas son las más usadas para infusiones.



Fig. 3. Mentha x piperita.

En pleno desarrollo la planta alcanza los 30 o 50 cm de altura y sus hojas de 2 a 7 cm de largo.

Mentha arvensis L.

Es la llamada menta japonesa, de uso casi exclusivo para extracción de esencia. Alcanza los 50 o 90 centímetros de altura. Sus hojas y tallos son de color verde claro y las flores lilas o blanquecinas dispuestas en glomérulos axilares (inflorescencia globulosa muy contraída y compacta que nace en la unión del tallo con la hoja) más cortas que las hojas. Posee estolones menos agresivos que la anterior. Posee el sabor amargo característico del mentol, pues es la menta que más contenido de este componente posee; en el Instituto de Botánica de Campinhas, Brasil, obtuvieron un clon que denominaron "701", reemplazando su sabor amargo por otro más dulce que la hace más agradable.

Mentha spicata L. (spearmint americana) y *Mentha cardiaca* (spearmint escocesa).

Representan la conocida en algunos mercados como "menta verde", utilizándose tanto sus hojas desecadas o frescas, como su esencia usada en saborizantes de dentífricos y algunas gomas de mascar, y en perfumería. Son las más rústicas de todas las mentas y se obtiene de ellas una esencia con alto contenido en carvona (alrededor de 55%, y de menor precio en el mercado internacional que el resto de las mentas. Estados Unidos es el primer productor de esta esencia con una producción anual de alrededor de 1.000 toneladas en los últimos años, representando el 70% de la producción mundial, siguiéndole en importancia China, Italia y Brasil.

La esencia americana tiene más ésteres, más cineol, y menos limoneno que la escocesa y el rendimiento en esencia está entre 0,2 y 0,3% sobre peso fresco.

Partes útiles y usos.

De todas las especies de *Mentha* se utilizan sus hojas, tallos y flores, o sea la parte aérea. De la menta inglesa se comercializan sus hojas deshidratadas, con la menor cantidad posible de tallos, para hacer infusiones que reemplazan al uso del té o café por sus propiedades digestivas, y otras reconocidas por la medicina popular. También tienen sus hojas frescas un amplio uso en prácticas culinarias.

Pero el más importante destino de las cosechas de ésta y otras mentas es la extracción de esencias. Éstas tienen infinidad de aplicaciones, como saborizantes en jarabes, bebidas, golosinas en general y especialmente en gomas de mascar, en dentífricos; como aromatizantes en cosméti-

cos, en salsas y condimentos varios y en la industria del tabaco.

La esencia de menta japonesa también es fuente del mentol natural utilizado en preparaciones farmacéuticas, golosinas y saborizantes. La esencia “desmentolada”, luego de extraer el mentol, también es un producto con un amplio mercado y con similares usos.

Las esencias naturales compiten en el mercado con las esencias sintéticas, que a pesar de que no pueden imitar exactamente el aroma y sabor, resultan más económicas y aseguran más uniformidad en las características organolépticas. Casi nunca un producto de síntesis puede confundirse con un compuesto natural como son las esencias vegetales dada su complejidad en su constitución química.

La menta es el tercer sabor en importancia en todo el mundo, detrás de la vainilla y el limón. La popularidad de la menta no se basa sólo en su agradable sabor, sino en su asociación con los conceptos de frescor, limpieza e higiene. Se considera que actualmente el 65% de los aromas de menta se utilizan en preparados para la higiene bucal, un 20% en gomas de mascar, y un 10% en golosinas.

Producción y distribución del cultivo.

Son cultivos de amplia distribución en climas templados, destacándose EEUU de N. como el primer productor de menta inglesa, al producir alrededor del 90% de la oferta mundial, con unas 2.000 toneladas anuales, repartiéndose otras 200 toneladas entre Rusia, Francia, Sudáfrica, Italia y Europa del Este. Los principales estados de los Estados Unidos de N. productores de *Mentha x piperita* son Indiana, Michigan y Wisconsin en el Medio Oeste; y Oregon, Washington e Idaho en el Noroeste.

En cuanto a la *Mentha arvensis*, para producción de mentol, predomina China, seguido de Brasil, India, Paraguay y Taiwán. Durante muchos años fue Brasil el primer productor de esta esencia, llegando a las 3.000 toneladas en 1970; debido al monocultivo y la consiguiente disminución de la superficie apta para el cultivo, se fue desplazando hacia Paraguay. En la actualidad China e India comenzaron a suplantar el deficiente suministro de los países sudamericanos en la década del ochenta.

Cultivo

Suelo y clima.

Como todas las plantas aromáticas en las que se aprovecha la parte aérea, las mentas requieren suelos sueltos, areno-arcillosos, preferentemente ricos en materia orgánica, que favorezcan la retención de agua, con un pH levemente ácido a débilmente alcalino, desechándose los suelos salinos y con poco drenaje.

Son cultivos de clima templado, que se benefician con una buena luminosidad, altas temperaturas durante el día y bajas durante la noche. Se ha postulado que necesitarían como mínimo 15 horas de luz en los días de verano para lograr una buena calidad de esencia, lo que sólo se conseguiría al norte del paralelo 40º en el hemisferio norte y a la altura del paralelo 42º en el sur (Lacy y col., 1981). Por ejemplo en ensayos realizados en Campinhas (Brasil, paralelo 22ºS) con plantines provenientes del Valle de Padana (Italia, paralelo 45ºN), la esencia contenía muy altos porcentajes de mentofurano y acetato de mentilo (19,8 y 16% respectivamente), debido posiblemente a una fuerte estimulación de la respiración de la planta, lo que orienta la biosíntesis hacia productos más oxigenados (Sacco, 1987). Otros ensayos realizados en Alemania y Turquía con 6 clones diferentes, llegaron a la misma conclusión (Franz y col., 1984). De todas maneras, lo que sí está confirmado es que existe una fuerte dependencia entre la fotoperiodicidad y la calidad de la esencia (Clark y col., 1980).

Las mentas son exigentes en humedad, por lo que durante la primavera, que es la época de gran crecimiento vegetativo, requieren buena disponibilidad de agua en el suelo a fin de obtener rindes satisfactorios.

Desarrollan bien en tierras de baja altura sobre el nivel del mar, comprobándose en varias experiencias, mal comportamiento a medida que se superan los 500 metros sobre el nivel del mar.

Implantación.

Se requiere contar para la implantación con un terreno bien mullido, bien "desterronado". Una anticipación de 6 meses en la preparación del terreno asegura un adecuado control de las malezas, las que representarán el mayor enemigo del cultivo. Muchos cultivos de menta han fracasado por descuidar la preparación de los suelos con la debida anticipación y no prever el control de las malezas que puedan desarrollarse durante el cultivo.

Una buena técnica consiste en realizar el año anterior a la plantación, un verdeo (cultivo de invierno con gran volumen de masa verde como avena, cebada, centeno) y enterrarlo en el suelo mediante una arada; de esta manera se incorpora materia orgánica al suelo con sus correspondientes nutrientes y se hace un control anticipado de malezas.

También se debe nivelar el terreno si se está en una zona que se debe regar, procurando siempre la menor pendiente posible a fin de facilitar luego un correcto control de la erosión.

La reproducción se hace por vía agámica o vegetativa, ya que tanto la *M. x piperita* como la *M. arvensis* dan excepcionalmente semillas fértiles, y si las dan presentan gran variabilidad genética, no haciéndola apta para un cultivo comercial.

Se pueden implantar por medio de estolones o por medio de plantines.

Los estolones, también llamados "arañas" o "raíces", pueden implantarse en cualquier momento del año, aunque se recomienda en otoño e invierno; mientras que si se hace por plantines se recomienda hacerlo a principios de primavera cuando los brotes (que son los "plantines") alcanzan unos 10 a 15 centímetros de altura.

La plantación debe hacerse en surcos distanciados a 0,70 a 0,75 metros y una distancia entre plantas de 0,15 a 0,20 metros. O sea que se requieren 70.000 a 90.000 plantines por hectárea, mientras que si se trata de estolones se calculan unos 1.000 kilos por hectárea. Una menor densidad trae el problema de muchos "claros" en el cultivo durante el primer año, y por lo tanto mayor cantidad de malezas y menor rendimiento. Una densidad mayor trae aparejado mucha competencia entre plantas y por lo tanto defoliación y/o plantas débiles.

Se aconseja desechar los suelos en que esté presente el "cebollín" (*Cyperus* sp.), gramilla (*Cynodon dactylon*) u otra maleza perenne de difícil erradicación. Una práctica recomendada es la incorporación de un herbicida de preplantación y su incorporación con rastra, como la trifluralina (nombre comercial Treflan) a razón de 1,5 a 2 kg/ha.

Si la plantación es en invierno por estolones, se debe pasar un arado superficial al cultivo "madre", para luego con horquillas de mano separar la tierra de los estolones. Éstos se colocan en el fondo del surco ya preparado y se tapan con una reja-aporcador, herramienta tirada con tractor que se entierra en el entresurco volcando la tierra sobre la base de las plantas ubicadas en el surco.

En el caso de usar plantines en primavera, éstos se sacan a mano de un cultivo anterior y se plantan manualmente si la superficie es chica, o usando trasplantadora de hortalizas, máquina que permite colocar plantines en surcos sobre el terreno ya preparado, con poca utilización de mano de obra. Se estima que una hectárea puede producir plantines al otro año para 30 o 40 hectáreas.



Fig.4. Trasplantadora.

Una práctica aconsejada en la plantación es "embarrar" los plantines, o sea introducir las raíces en una mezcla espesa de tierra y agua, a fin de asegurar un rápido prendido, así como tratarlos con un insecticida (diazinon) por inmersión de las raíces en caso de observarse la presencia de "pulgón lanígero" (*Kaltenbachiela menthae*).

Manejo del cultivo.

Una vez implantado se debe conducir como un cultivo de escarda, denominados así aquéllos que se plantan en hileras y permiten ser trabajados con escardillo entre las mismas, hasta que el tamaño de las plantas lo permitan, o sea escardilar entre surcos, y desmalezar entre plantas con asada.

A fin de reducir costos de mano de obra, existen varios herbicidas probados tanto de preemergencia como de postemergencia de malezas. Entre los más recomendados está la prometrina (nombre comercial Gesagard 50% F), a dosis de 2 a 3 l/ha como post plantación y preemergente de malezas. Otro selectivo para menta es el terbacil (nombre comercial Sinbar PM), a dosis de 1 a 1,5 kg/ha. En el caso de presencia de gramíneas desarrolladas se puede aplicar Hache Uno Super a razón de 1 a 1,5 litros/ha. En un trabajo desarrollado durante trece años en Polonia, se observó que el uso de esto herbicidas no modificaron la calidad y cantidad de aceite esencial en las mentas (Pank y col., 1986).

La menta es un cultivo que responde muy bien a fertilizaciones nitrogenadas (Akire y col., 1996) y a pesar de que las dosis dependen del análisis de suelo, se recomiendan fertilizaciones anuales de 60 kilos de N por hectárea. Se han publicado datos para Canadá donde el rendimiento de esencia se mejoró notablemente con un agregado de hasta 180 kg/ha de nitrógeno. Con más fertilización no hubo mayor rendimiento (Court y col., 1993). Estas técnicas debieran ser muy bien controladas, pues se han publicado variaciones en la calidad de la esencia en función de los fertilizantes utilizados, tanto nitrogenados como con fósforo y potasio en distintas concentraciones (Hornok, 1983; Praszna y col., 1993).

En regiones con precipitaciones de primavera-verano de 500 a 600 mm, no es necesario riego, de lo contrario es fundamental esta práctica, pues influye positivamente sobre el rendimiento en esencia (Alkire y col., 1993). Si este riego se realiza por surco, una práctica a realizar es el aporcado de las plantas para que quede marcado el surco por donde se regará.

Cosecha.

Se corta toda la parte aérea a unos 10 centímetros del suelo con segadora convencional de forrajes. Debe tenerse en cuenta que la calidad de la esencia es distinta según las hojas sean apicales o basales, por la diferente luminosidad que reciben (Clark y col., 1980). Para la producción de esencia el corte debe realizarse con el cultivo en plena floración. En regiones templadas, con diferencias marcadas de temperatura en invierno y verano, sólo se pueden hacer dos cortes

anuales, uno al principio y otro a fin del verano. Siempre el primer corte es el de mayor rinde y de mejor calidad. Como la calidad de la esencia es muy dependiente de factores climáticos y edáficos, y de la tecnología aplicada al cultivo (cantidad de riego, herbicidas, etc.), el momento óptimo de cosecha a veces puede ser distinto del idealmente propuesto (plena floración), cuando la menta es cultivada en zonas no apropiadas (Chalchat y col., 1997). Esto permite equilibrar variaciones en la composición de la esencia y mejorar su calidad, teniendo en cuenta que a medida que evoluciona la floración de la planta, el contenido de mentona va disminuyendo y proporcionalmente el de mentol va aumentando (Cash y col., 1971). Para la India se ha propuesto realizar la cosecha a los 145 / 160 días de desarrollo para el primer corte, y a los 97 / 111 días para el segundo corte (Gulati y col., 1978).

Los rendimientos son variables de acuerdo con los factores que inciden en la producción, como fertilidad del suelo, disponibilidad de agua, temperatura, etc. Se puede estimar un rendimiento de 12.000 a 20.000 kilos de material fresco por hectárea, que una vez oreado por 12 a 48 horas puede rendir unos 40 a 50 kilos de esencia por hectárea.

Duración del cultivo.

Luego del primer corte, y cuando comienzan a acortarse las horas de luz diarias (principios de verano), la planta de menta emite estolones laterales que cubren totalmente los entresurcos. Los estolones son brotes laterales que nacen de la base de los tallos, se arrastran por la superficie del suelo o se desarrollan debajo de él y al enraizar engendran nuevos individuos propagándose vegetativamente la planta. A partir de este momento no se aconseja el uso de escardillos, por lo que el control de malezas debe realizarse manualmente o con herbicidas selectivos.

Si el cultivo puede mantenerse limpio y se hacen refertilizaciones anuales, puede durar 3 o 4 años. Se ha demostrado que el envejecimiento del material provoca una disminución de la biomasa/ha, y de la altura y tamaño de sus hojas, y un contenido mayor de los oxigenados en la esencia (mentofurano y acetato de mentilo) (Piccaglia y col., 1993).

Si se enmaleza y no puede realizarse un control efectivo, puede llevarse a cabo una **renovación del cultivo**, pasando a fines de invierno un surcador o máquina adaptada sobre la línea vieja de plantación. Esta labor permite que los estolones viejos queden en la superficie expuestos al sol y al viento, por lo que se secan. El resto de estolones quedan enterrados y funciona como si se hiciera una nueva plantación, lo que economiza las tareas de implantación.

Cálculo de Márgenes Brutos.

A los fines de estimar las utilidades que pueda dejar un cultivo como la menta, con una tecnología determinada, puede calcularse el Margen Bruto/ha, entendiendo como tal a la diferencia entre los ingresos directos menos los costos directos que se tienen desde la implantación hasta la venta del producto. En el cálculo de este indicador económico no se tienen en cuenta la amortización de la maquinaria y mejoras fijas, ni los intereses del capital tierra y capital circulante, ni los costos correspondientes a la atención que debe hacer el empresario durante todo el proceso productivo.

Al tratarse de un cultivo que dura más de un año, se considera primero el margen bruto del primer año de cultivo, y para ello se indica qué costos se deben tomar en cuenta:

1. Costos fijos

A. Preparación del terreno (con maquinaria propia o contratada)...................... a
B. Implantación (con máquina trasplantadora: 4 jornales, en forma
manual: 14 jornales).. b
C. Fertilizantes (ej.: 60 kg de N) y 3 aplicaciones de herbicidas.......................... c
D. 2 pasadas de escardillo y desmalezados manuales (23 jornales)...................... d
Total costo fijo (a + b + c + d)... m

2. Costos variables

A. Cosecha (2 cortes):
Corte con máquina, traslado al extractor, y destilación (15 jornales).............. e
Envases... f
B. Comercialización:
Impuestos regionales.. g
Flete.. h

Total Costo directo/ha .... (m + e + f + g + h)................................ X

Ingreso directo (kg de esencia/ha x precio/kg) .... Y

MARGEN BRUTO/ha .... Y - X

Al considerar los costos del 2º y 3er. año del cultivo se deben eliminar los correspondientes a la preparación del terreno (A) y la implantación (B), manteniéndose el resto de los costos fijos.

Capitulo VIII

Tratamiento postcosecha del material vegetal

Introducción

Las plantas aromáticas pueden ser comercializadas frescas, enteras (como hortalizas por ejemplo, o en macetas) o cortadas. Pero en la mayoría de los casos se las somete a un proceso de secado, dado que esta operación representa una de la mejores alternativas de estabilización del material vegetal. Una vez desecado, existen otros procesos comunes como el troceado, despalado o limpieza, molienda, selección de calidades, descontaminación o estabilización, fraccionamiento y envasado. En este capítulo analizaremos algunos conceptos generales referidos a estos procesos finales de tratamiento de las plantas aromáticas.

Desecado

Los principales objetivos del desecado son:

• Inhibir la destrucción enzimática, fenómeno que puede alterar sustancialmente la calidad del material por destrucción o descomposición de sus componentes. Téngase en cuenta que el desecado *inhibe* el proceso enzimático pero no lo destruye, es decir que si el material se rehidrata el proceso se revierte.

• Estabilizar el color, el olor, el sabor, la textura, y/o la composición química. En este sentido el proceso más crítico es la melanosis o amarronamiento de las partes verdes, provocada por la destrucción de la clorofila y numerosas reacciones de oxidación generadas por las fenol-oxidasas presentes en las plantas (Jen, 1989). Aunque se ha propuesto agregar antes del secado ácido ascórbico, sulfitos o una solución acuosa de bicarbonato de sodio al 10% para inhibir estas acciones enzimáticas, no hay suficiente experiencia sobre la viabilidad de esta técnica.

• Reducir fletes, costos de embalaje y almacenaje.

• Reducir tiempos y costos de destilación, cuando el material va a ser empleado para este fin.

Para conservar las plantas, es indispensable reducir su actividad enzimática, y para ello se reduce su contenido acuoso hasta valores que corresponden a una humedad entre 5 y 10 % según cada caso. En la cosecha, normalmente se presentan humedades superiores al 70 %, por lo que es necesario encontrar medios eficientes de secado, que no perjudiquen la calidad del vegetal ni reduzcan el contenido de componentes volátiles presentes en el mismo.

Es conveniente elegir el momento óptimo de cosecha, cuando la calidad del producto lo

permite, con el fin de aprovechar el momento de menor contenido hídrico en los tejidos celulares, o días de baja humedad relativa ambiente.

La elección del método de secado depende fundamentalmente de la calidad de producto que se quiere lograr, de los medios económicos disponibles, y de los condiciones climatológicas estimadas. Aunque existen numerosas técnicas de secado, varias de ellas solamente se justifican para el procesamiento de productos con alto valor agregado, o de demandas reducidas. Entre las técnicas tradicionales, cuanto mejor es el sistema, más oneroso resulta su implementación. Pero por otro lado no siempre es mejor invertir en grandes instalaciones de secado, pues en climas secos o cuando se procesan materiales suficientemente estables, con una mínima infraestructura se alcanzan niveles de calidad aceptables desde el punto de vista comercial.

El oreado a campo, el secado en galpones o depósitos con pisos adecuados y ventilación controlada puede ser una alternativa viable si las condiciones atmosféricas son favorables (baja humedad relativa ambiente y temperatura diurna media alta). Cuando esto no es posible, se requiere de sistemas de secado artificiales, donde el proceso se acelera mediante movimiento de aire forzado y previamente calentado.

En general, los parámetros más importantes a tener en cuenta para optimizar un sistema de secado son:

- Tipo de producto: Las raíces y semillas tienen mucho menor contenido de humedad (50 a 75%) que las flores o frutas (75 a 85%), y su estabilidad suele ser mucho mayor. Cuando se procesan materiales de hojas anchas (albahaca, estragón) el secado puede ser muy crítico, pues además de contener altos porcentajes de humedad, la amplia superficie foliar pone en evidencia cualquier cambio de color.
- Tamaño y cantidad del material vegetal. Cuando las partes del vegetal a desecar son muy pequeñas (flores de manzanilla por ejemplo) deberán emplearse sistemas que otorguen una gran superficie de evaporación y a su vez el producto deberá dispersarse sobre una capa mucho más fina, para facilitar el secado de los estratos inferiores.
- Grado de homogeneidad en dimensión y calidad (distintas durezas, composiciones, etc.). En algunos casos, como en plantas con tallos gruesos y hojas caedizas, durante la manipulación previa al secado del material vegetal se puede producir una separación de partes más pesadas, dejando en los niveles inferiores las partes de menor tamaño. Al quedar los tallos sobre la superficie, pueden restringir el paso de aire seco o caliente, retardando el proceso de secado. En estos casos puede ser apropiado hacer primero un zarandeo del material, y secar las distintas partes por separado.
- Estabilidad de los principios activos: cuando el material posee una esencia muy volátil (esencia de eucalipto por ejemplo) el proceso se hace muy crítico, y para llegar a la humedad final requerida, puede ser mejor prolongar el proceso, pero usando aire menos caliente. En otros casos, como ocurre con la menta y la albahaca (Baritaux y col., 1991) se puede apreciar una variación en la calidad de la esencia en materiales desecados, posiblemente debido a una descomposición de los terpenos oxigenados, originalmente presentes en la planta bajo la forma de glicósidos.
- Influencia de la luz en la estabilidad del vegetal. Normalmente para lograr un buen producto es necesario trabajar en ambientes de baja luminosidad, para eliminar el factor lumínico como generador de descomposiciones del producto.
- Higiene del secadero o lugar a utilizar. Esto se hace muy crítico cuando las instalaciones van a ser utilizadas para el desecado de distintos productos. Es necesario evitar una contaminación cruzada entre los distintos materiales a desecar.
- Costo de instalación, que será función de las dimensiones, de la tecnología

elegida, y de la infraestructura aprovechable (disponibilidad de leña, gas, sistemas de transporte, etc.), además de las características particulares de cada caso y descriptas anteriormente.

Las variables que regulan el proceso de secado son:

• Circuito del aire desecante: El recorrido más común es hacer que el aire caliente circule de abajo hacia arriba, por donde sale. Esto se hace para aprovechar su menor densidad respecto del aire frío, lo que hace que libremente suba.

• Manejo del flujo desecante: El aire puede circular espontáneamente en razón de su distinta temperatura (o sea distinta densidad), o puede forzarse y orientarse con ventiladores y toberas ubicados en forma adecuada, permitiendo incluso invertir el flujo normal del aire.

Es conveniente que los ventiladores impulsen el aire y no que lo extraigan, pues así el sistema es más eficiente porque hay más recambio de aire. Para lograr esto ayuda que las aspas de los ventiladores estén curvadas en el sentido contrario al giro.

El aire desecante puede introducirse o fluir en forma laminar o turbulenta, mediante el uso de bafles o deflectores de corriente, para facilitar el íntimo contacto con todas las partes del material a desecar.

• Tamaño de las tomas de aire entrante y de las bocas de salida del habitáculo de secado: Normalmente se usan aberturas más grandes a la salida que a la entrada, para facilitar el libro flujo de aire. Sin embargo puede ser útil regular el espacio de salida, para regular también el tiempo de permanencia del aire desecante sobre el material a desecar. Es muy común instalar una chimenea en el habitáculo donde se deseca, para aprovechar el movimiento del aire externo y acelerar de esta manera la extracción del aire interno húmedo. Se puede utilizar un tiraje natural o agregar en el extremo de la chimenea un ciclón manejado por el viento o motorizado, para aumentar la succión del aire interno.

• Temperatura de secado: Aunque se ha visto que aumentando la temperatura del aire desecante unos 10ºC, el tiempo de secado se reduce a la mitad (Zaussinger, 1993), normalmente la temperatura usada es menor a 50º C, por razones de estabilidad del producto. Puede trabajarse en un sistema isotérmico o programado (30 a 50º C). Para el control de la temperatura pueden utilizarse desde mecanismos automáticos hasta un simple control con un vaso con parafina o algún material que funde cuando se sobrepasa cierta temperatura límite estipulada.

• Flujo másico o caudal de aire.

• Humedad y temperatura del aire desecante: Para tener una idea de la importancia de estos factores, baste saber que 1 kg de aire con un 50% de humedad relativa y a 30ºC puede remover 14 g de agua, mientras que la misma cantidad de aire, pero a 50ºC y con una humedad relativa del 15% puede remover hasta 74 g de agua.

• Ubicación del material a secar: Es fundamental el espesor de capa del material. Conviene también separar partes gruesas (raíces o tallos) de finas (flores) si es posible.

• Rotación del material a secar: Aunque no siempre es posible o económicamente viable, el movimiento del material a secar en contracorriente con el aire desecante acelera en forma notable todo el proceso. El objetivo es transportar el material de una zona más húmeda a otra más seca, o a una zona más caliente. Esta rotación puede realizarse en forma sencilla, revolviendo manualmente o automáticamente el material en una bandeja o cama de secado, por desplazamiento de los carretones portadores del material, por recambio de las bandejas ubicadas en las zonas más húmedas o inferiores a las más secas o superiores, o por traspaso del material de un sistema primario a un

segundo sistema de mayor eficiencia desecante.

• Tiempo de secado: Un valor promedio es de 3 a 12 hs con aire forzado.

• Humedad final exigida: Depende de cada material e incluso del destino del mismo. Para los materiales comercializados secos el valor promedio es de 8 a 15% de humedad residual.

• Humedad ambiente. Es fundamental enfriar a temperatura ambiente el material antes de sacarlo del secadero, si se ha usado un calentamiento artificial.

Conceptos sobre el contenido de humedad enlos sólidos

Definición del Contenido de Humedad

BASE HUMEDA.- Es la más comúnmente utilizada y se define como la relación de la masa de la humedad y la masa del material húmedo (material seco + humedad).

$$W_H = \frac{M_H}{M_M} \quad [=] \quad \frac{\text{kg de humedad}}{\text{kg de material húmedo}}$$

como: $MM = M_H + M_S$

$$W_H = \frac{M_H}{M_H + M_S} \quad [=] \quad \frac{\text{kg de humedad}}{\text{kg de humedad + kg de material húmseco}}$$

Por lo que su valor máximo nunca puede ser mayor a 1.

BASE SECA.- Es la utilizada en los cálculos de ingeniería, para el balance de materiales y de energía. Esta humedad se define como la relación entre la masa de la humedad respecto a la masa del sólido (medio).

$$W_S = \frac{M_H}{M_S} \quad [=] \quad \frac{\text{kg de humedad}}{\text{kg de material seco}}$$

Su valor máximo cae entre los limites de 0 a infinito.
La relación entre las humedades se puede expresar como:

$$W_H = \frac{W_S}{HW_S} \qquad : \qquad W_S = \frac{W_H}{1 - W_S}$$

En las expresiones anteriores:

$\mathbf{W_H}$ y $\mathbf{W_S}$ son las humedades base húmeda y base seca respectivamente. Para expresarlas como % deberán multiplicarse por 100.

$\mathbf{M_H}$ y $\mathbf{M_S}$ son respectivamente la masa de la humedad y la masa del sólido.

Humedad de Equilibrio

Si un sólido húmedo se pone en contacto con una corriente de aire de temperatura y humedad constantes, en tal cantidad que las condiciones de la corriente de aire permanecen constantes, y el tiempo de exposición es lo suficientemente largo para que se alcance el equilibrio entre ambos, el sólido alcanzará un contenido de humedad definido y que no cambiará por posterior exposición a esta corriente de aire. A este contenido de humedad se le denomina **contenido de humedad** de equilibrio bajo las condiciones especificadas.

En la Figura 1 se muestran algunas curvas típicas de humedades de equilibrio para diferentes materiales.

Si el material contiene más humedad que la de equilibrio, se secará hasta que ésta alcance la humedad de equilibrio sobre la curva de desorción.

Por otra parte, si el material está más seco que lo que le corresponde a la curva de equilibrio y se expone con una corriente de aire de humedad y temperatura determinadas, absorberá humedad hasta que alcance el punto de equilibrio sobre la curva de absorción.

La humedad de equilibrio de un sólido disminuye al aumentar la temperatura del aire.

Humedad ligada, no ligada y libre

Si las curvas de la Figura 1 se continuaran hasta que corten el eje del 100% de humedad, el contenido de humedad así definido es la menor humedad que este material puede contener y continuar ejerciendo una presión de vapor como la ejercida por el agua líquida a la misma temperatura. Si el material presenta un contenido de humedad igual o por encima de la menor concentración que está en equilibrio con el aire saturado, a esta humedad se la denomina **humedad (agua) combinada o ligada** debido a que ejerce una presión de vapor menor que la del agua líquida a la misma temperatura. Por eso se dice que el agua está ligada al sólido por fuerzas mecánicas o fisicoquímicas que impiden su evaporación.

Humedad libre

Es la humedad contenida en un material por encima del contenido de humedad de equilibrio. Puesto que el contenido en humedad de equilibrio es el límite hasta el que puede secarse un material bajo una serie de condiciones determinadas, la humedad que contenga por encima de este punto, es la humedad que puede extraerse por el proceso de secado, no el contenido total de humedad.

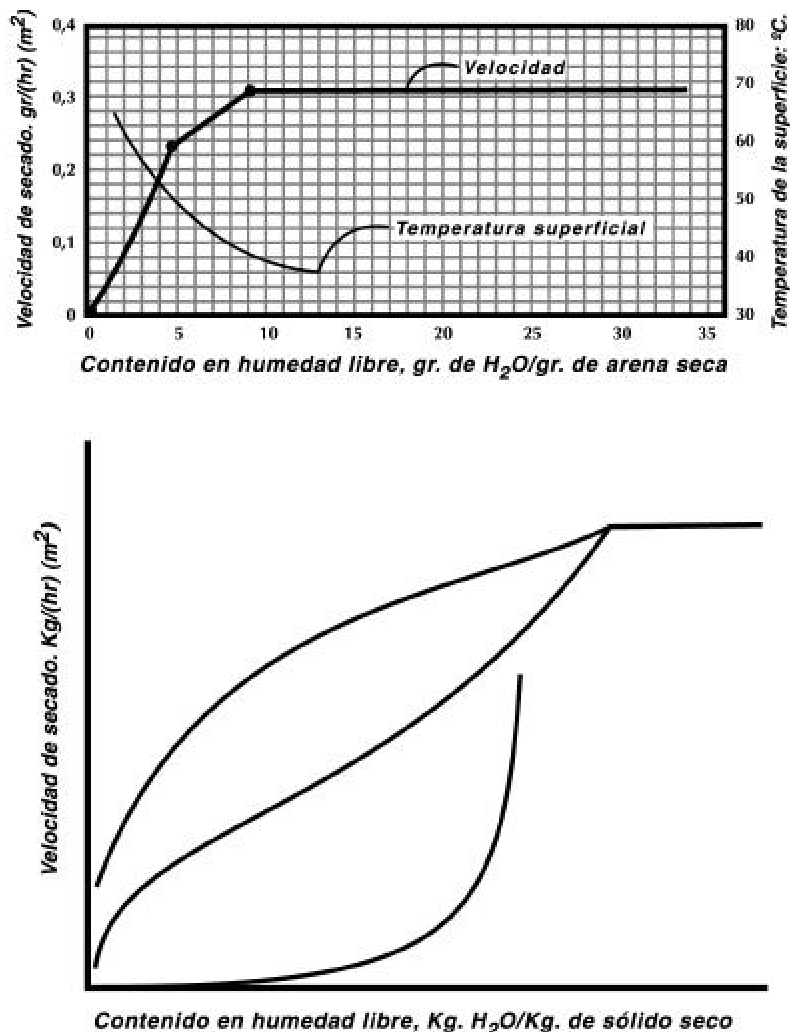


Figura 1.- Curvas típicas de humedades de equilibrio para diferentes materiales.

Humedad no ligada.

Se denomina así a la humedad del material que tiene una presión de vapor en equilibrio igual a la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. El material se comporta como un cuerpo húmedo y la cantidad de agua no ligada que posee no se ve afectada por el sólido, logrando evaporarse como si no estuviera en contacto con el mismo.

Curvas de velocidad de secado.

Es la representación gráfica de la trayectoria que sigue el secado de un material en el transcurso de la operación al graficarse el tiempo de exposición y el contenido de humedad de la muestra, cuando está en contacto con el aire o gases de combustión a condiciones predeterminadas y constantes.

Al graficarse los valores experimentales anteriormente referidos, la curva de velocidad de

secado puede dividirse en varios periodos:

a) Ascendente
b) Constante
c) Decreciente.

Sin embargo, muchos de los materiales no presentan los dos primeros periodos ya que existen ocasiones en el que el periodo de velocidad constante es tan breve que no aparece sobre la gráfica.

En general, la velocidad de secado se calcula mediante la ecuación:

$$R = \frac{W_t - W_{t+\Delta t}}{A \cdot \Delta t}$$

En donde:
- R: velocidad de secado
- W_t: peso de (muestra + humedad) en el instante **t**
- $W_{t+\Delta t}$: peso de (muestra + humedad) en el instante **Δt**
- A: área de la muestra expuesta al secado.

Para construirse en la gráfica con los valores experimentales, se recurre al tiempo de secado en horas y al contenido de humedad medio en ese lapso de tiempo entre una prueba y otra. Generalmente la velocidad de secado presenta las siguientes unidades :

$$R = \frac{\text{kg humedad evaporada}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

Los principales métodos de secado

En todos los casos las plantas enteras o cortadas deben disponerse en capas finas entre las cuales el aire debe circular libremente. El grosor de estas capas varía de 3 cm para flores pequeñas, a 20 cm para sumidades y ramas.

Secado a campo.

En realidad se realiza un oreado, es decir que se deja el material cortado en el lugar de la cosecha por un tiempo, permitiendo que gran parte del agua contenida en sus tejidos se evapore.

Secado al aire libre

Es el sistema más primitivo y económico que actúa por simple radiación solar, pero también el menos aconsejado, no tanto por el proceso de secado en sí, sino por el deterioro que suele sufrir el material vegetal debido a la irradiación solar. Consiste simplemente en esparcir el producto a desecar sobre pisos de cemento o encima de catres, parrillas, bandejas o bolsas, a la intemperie y durante un tiempo determinado.

Si es factible, se recomienda no poner el material en contacto directo con el piso, permi-

tiendo la libre circulación del aire a través del vegetal, y evitando su contaminación. Para ello es mejor emplear catres o bandejas de tela metálica o lona, elevadas con pequeñas patas de unos 10 cm de altura.

Otra técnica consiste en fabricar dos planos inclinados o dos paredes paralelas pero de distinta altura, por encima de las cuales se apoyan los catres o parrillas con el material a desecar, de manera que queden mirando hacia el oriente, o hacia donde haya mayores vientos. Solamente sería aconsejable utilizar este sistema en regiones de climas muy secos y con fuerte irradiación solar, y para productos resistentes al calor y no fotosensibles, como algunas raíces, cortezas, granos o tallos gruesos (la canela, el cacao o la genciana por ejemplo).

En muchos de estos casos la exposición durante toda una jornada puede ser suficiente para lograr un buen secado. De lo contrario conviene tener cuidado de retirar el material por el peligro de condensación de agua durante la noche, lluvias o rocío. Otra limitación de esta técnica es que hay que tener en cuenta la presencia de vientos fuertes o la vecindad de animales de cría o domésticos, que pueden contaminar el producto con tierra, restos de otras plantas o peor aún con dendritos animales.

Secado a la sombra.

Es un sistema que actúa por convección de aire, el que debe estar más seco y en lo posible más caliente que el vegetal, para facilitar la evaporación. Se realiza a temperatura ambiente pero bajo sombra o lugares cubiertos: galpones, invernaderos, graneros, etc. El material se acondiciona de la misma manera que en el caso anterior. Para lograr la sombra se usan lugares techados, habitaciones especiales o simplemente se usan telas o plásticos de color negro, que concentran el calor pero evitan el pasaje de la luz solar.

En el caso de utilizar habitaciones o viveros es muy importante evaluar el diseño del ambiente, principalmente en lo que se refiere a la ubicación y dimensiones de las aberturas y la facilidad de carga, descarga y circulación interna del material. Para esto último se pueden emplear sistema pivotantes o con cremalleras, que permitan dejar caer el material más seco hacia zonas o bandejas inferiores donde circula el aire más seco, o elevar el vegetal a zonas superiores donde entra aire forzado.

Normalmente las entradas de aire caliente se colocan en las partes bajas del edificio y las salidas en las altas y en la pared opuesta. Pero si el secadero está instalado en una región de clima tórrido, puede ser útil utilizar ventiladores en la parte superior del secadero, para introducir directamente el aire externo en dirección hacia abajo, e impulsar el aire frío y húmedo hacia afuera.

Puede ser muy efectivo orientar las aberturas del secadero aprovechando las corrientes naturales del viento en la región. Si esto no es suficiente, pueden instalarse ventiladores para forzar la convección del aire, y deflectores o paredes para orientarlo en un circuito específico dentro del secadero, o forzarlo en un camino tortuoso, favoreciendo el reciclado de la atmósfera humedecida que pueda mantenerse en bolsas de aire de difícil acceso dentro del material a secar.

El proceso suele ser más lento que el sistema anterior, pero el resultado generalmente es superior, por no tener influencia la descomposición de los productos debido a temperaturas descontroladas o exceso de luminosidad. Sin embargo, tiene el mismo inconveniente que el sistema anterior, de que no puede ser usado en lugares donde la humedad relativa ambiente es demasiado alta.

Cuando la escala de producción es considerable, pueden implementarse sistemas más prácticos de transporte del material vegetal, construyéndose carros, carretillas o vagonetas portadoras de varias bandejas o catres, los que se separan entre sí cada 15 o 20 cm para facilitar la aireación de las capas inferiores.

Secado con aire caliente.

Una alternativa lógicamente superior al caso anterior es el agregado de un sistema de calentamiento a la entrada del aire para acelerar la evaporación de la humedad. Esto puede ser imprescindible si la humedad relativa ambiente de la región es demasiado alta, o la temperatura media demasiado baja. Pero también es muy práctico cuando es necesario desecar grandes cantidades de material en un breve lapso.

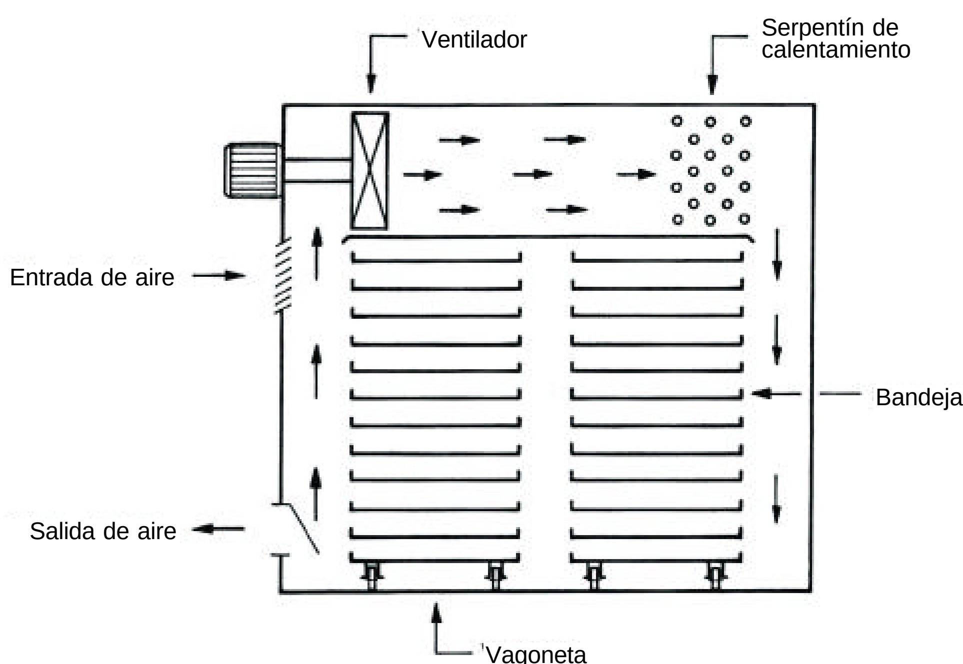


Figura 2. Esquema básico de un secadero con aire caliente forzado.

El inconveniente obvio es el encarecimiento del sistema, aunque se compensa en parte por el acortamiento del tiempo de proceso. En este caso es imprescindible evaluar el costo del combustible empleado para calentar el aire: leña, gas, gas-oil, etc. También merece especial atención controlar que el aire caliente que se genere no esté contaminado con gases de combustión o presente olores típicos de quemar leña o derivados de petróleo.

En algunos países y en algunas regiones puede ser rentable utilizar la energía solar para esto. Para ello deben emplearse las células o paneles solares, que pueden generar hasta unos 100 W de electricidad.. Más sencillo aún resulta aprovechar el calor que genera el sol para calentar el aire, por algún artilugio más o menos sencillo según el diseño, pero que en definitiva permite ahorrar en combustible. El más común consiste en atrapar el aire entre una cobertura transparente y una negra, favoreciendo el traspaso de los rayos solares, y luego orientar este aire calentado con ventiladores hacia el material a desecar (Müller y Mühlbauer, 1993). Como una manera de conservar el calor generado para ser usado durante la noche o en momentos de nubosidad, se puede calentar con el sol algún material (como piedras o simplemente agua) que luego va irradiando el calor absorbido.

Cuando la cantidad de material a desecar no excede de los 20 a 45 kg/hr, suelen utilizarse los secaderos de bandeja y compartimentos. En este tipo de secadero el material vegetal es colocado sobre bandejas, éstas en carretillas móviles (vagonetas), y éstas a su vez dentro de un habi-

táculo o compartimento. El aire es forzado por un ventilador a pasar primero por un serpentín de calentamiento, y una vez caliente se lo hace circular sobre las bandejas, como lo indica la figura 3.

Si la escala de producción lo admite, o la calidad del producto así lo exige, pueden construirse sistemas de secado con aire caliente totalmente automáticos, llamados túneles de secado, que permiten realizar un proceso continuo indispensable para grandes volúmenes de vegetal o para productos de muy rápido deterioro, como son las flores de manzanilla por ejemplo. En estos sistemas se puede regular la temperatura y el flujo del aire secante y la velocidad de circulación del vegetal, que generalmente se trasladan en vagonetas o cintas transportadoras, según el volumen que se maneja, y en sentido contrario a la circulación del aire.

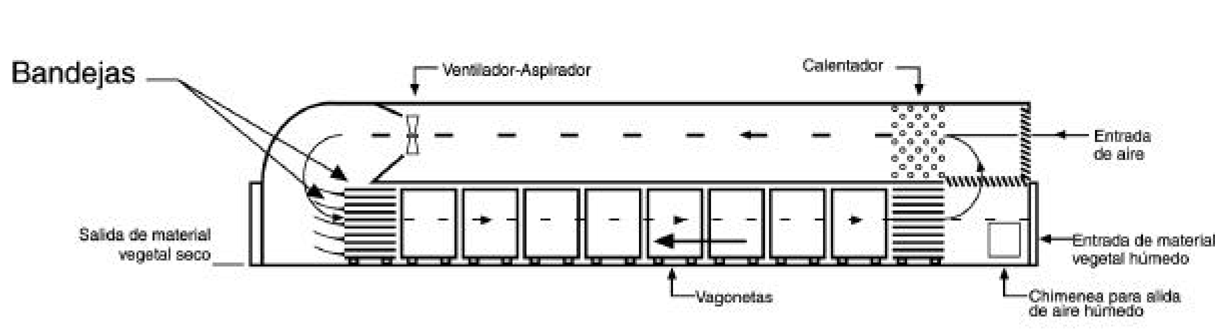


Figura 3. Esquema de un horno de secado con aire caliente forzado a contracorriente.

Otros sistemas de secado.

Existen otros sistemas de desecado (por liofilización, con microondas, con luz infrarroja), pero que no son comunes para el tratamiento de materiales vegetales aromáticos, por consideraciones económicas o técnicas, o por estar aún en etapa de desarrollo.

El uso de la liofilización está limitado a la comercialización de productos con un alto valor agregado, como pueden ser algunos vegetales aromáticos deshidratados para uso culinario o para la industria alimentaria. Normalmente el proceso de liofilización, al producir la sublimación del agua contenida en el producto inicial (aplicando muy alto vacío), favorece la evaporación de buena parte de sus componentes volátiles, influyendo fuertemente en su calidad. Sin embargo existen técnicas patentadas (por ejemplo Darbonne, 1993-97), donde el producto no sufre esta pérdida, lo que permite mantenerlo con sus propiedades organolépticas naturales casi intactas durante mucho tiempo a temperaturas cercanas a los -25ºC.

En el caso del uso de los hornos a microondas por ejemplo, se ha visto en algunos casos una notable variación en las calidades de los aceites esenciales que algunas plantas aromáticas contenían (Deans y col. 1991; Kartnig, 1993). Debe tenerse en cuenta sin embargo que debido a la rapidez de la técnica, el material prácticamente no sufre cambios en su color a la vez que produce una descontaminación fúngica y microbiana (Allorge y col. 1984). Por lo que puede ser una alternativa válida, si lo importante es el aspecto macroscópico del material más que su calidad olfativa.

Procesado de la planta desecada

Una vez eliminada la mayor parte del agua contenida en el material vegetal, suele ser im-

prescindible tanto limpiarlo de tierra y materias extrañas como hacer una separación de otras partes de la planta no aprovechables, o comercializadas en forma separada. Para estos tratamientos se utilizan varias técnicas, siendo las más usuales las siguientes:

Despalado

Es muy útil para plantas de las que se usan principalmente las hojas y flores, o tienen un límite de tolerancia referente a la cantidad de tallos presentes. Se realiza con zarandas de distintos calibres o máquinas semejantes a una trilladora. A través de la roturación de la planta y/o sacudiendo sus partes sobre el tamiz, se logra una buena separación de las partes útiles.

Troceado

En muchos casos el mercado o un cliente determinado exige recibir la planta entera. Pero también es muy común comercializar estos productos de otras dos maneras:

- parcialmente molidos o picados
- en polvo, o molidos con una granulometría determinada.

Estas calidades son necesarias cuando el producto va a ser usado para hacer extractos (facilitando la penetración del disolvente extractor en todos los intersticios del material vegetal), también cuando va a ser usado en la confección de mezclas de hierbas para infusión, saquitos monodosis para infusión o cápsulas con polvo de hierbas, etc. Algunos usuarios sin embargo prefieren comprar el producto entero y molerlo en sus propias industrias, para evitar el deterioro por un excesivo contacto con el aire, pero también para disminuir las posibilidades de adulteración: una planta molida es mucho más fácil de adulterar y más complejo el análisis para controlar su calidad.

El picado grueso se justifica en general con productos de alta dureza (maderas, raíces, cortezas, grandes frutos, etc.), y en algunos casos con partes vegetales que, aunque no sean duras son de grandes dimensiones (hojas de lemongrass o cáscaras de cítricos). La elección del molino a emplear dependerá justamente de la dureza del material, y siempre habrá que tener en cuenta que el proceso de picado implica un recalentamiento del vegetal por la constante fricción que sufre y la rotura de los elementos celulares donde la planta almacena sus constituyentes volátiles, con el consiguiente deterioro de sus calidades organolépticas.

Otros factores importantes son el tipo de fractura que posee el material vegetal, y su composición química. Algunas partes de plantas se quiebran muy fácilmente y en forma nítida cuando se rompen, como muchas cortezas y hojas secas. Otras en cambio, como muchas maderas y frutos, suelen romperse dejando astillas (fractura fibrosa), liberando grasas o aceites (las semillas), o separándose en partes desiguales en densidad, consistencia o textura (frutos con semillas, pétalos con sépalos). La presencia de material lipídico en las plantas provoca un empastamiento de todo el material molido, con el lógico recalentamiento de todo el sistema y del mismo material.

Conviene seleccionar el tipo de molino, pero también la velocidad de molienda, la temperatura a la que se muele, y la forma en que será clasificado el material ya molido.

La velocidad tiene una relación directa con el aumento de temperatura del vegetal en molienda, y una relación indirecta con su dureza: cuanto más duro es un producto, menor debería ser la velocidad de molienda, por lo menos al inicio del proceso. En algunos casos, si el material es demasiado duro, puede ser aconsejable operar con dos sistemas de roturación: el primero muy lento para lograr partes más chicas y más fáciles de moler, y el segundo sistema para lograr la gra-

nulometría final deseada.

En cuanto a la temperatura, idealmente debería trabajarse en un ambiente controlado, cosa que económicamente y a veces operativamente no es posible. Para reducir el calor generado, se pueden usar sistemas de enfriamiento por camisas de agua o aire refrigerados, o directamente en un ambiente de nitrógeno líquido o CO_2.

Tipos de molinos

Existen un sinnúmero de molinos que pueden ser utilizados para estos casos, como el molino a martillo, a bolas, a clavos, a paletas, con cilindros acanalados, etc. A continuación se describen tres sistemas entre los más empleados.

Molino de rodillos: En este caso el material es forzado a pasar entre dos rodillos iguales, cuyos ejes están dispuestos horizontalmente y paralelos entre sí, rotando en sentidos opuestos. La distancia entre los mismos se puede variar y es lo que determina la granulometría del producto final. Este molino es muy empleado en los casos en que la trituración del material pueda provocar un empastamiento (presencia de aceite fijos) o cuando se tienen que moler materiales muy duros.

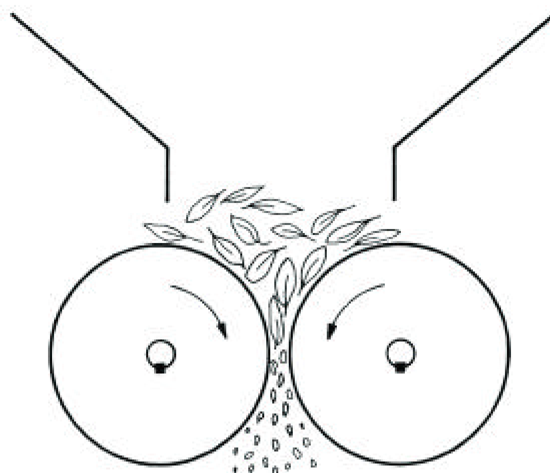
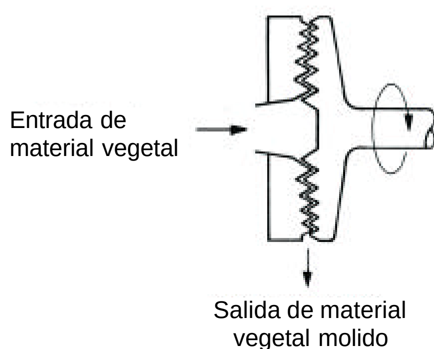


Figura 4. Esquema de funcionamiento de un molino de rodillos.

Molino a discos dentados: Consiste en dos discos dentados, uno fijo y otro rotante, cuyos dientes al girar se encastran entre sí (ver figura 5a). El material vegetal es forzado a pasar entre los dientes. Tanto este molino como el anterior producen una trituración del material por fricción o por corte, pero sin llegar a una granulometría fina del material. La velocidad de rotación de los discos y la distancia entre los mismos permiten obtener distintos grados de molturación.

Molino de crucetas: Posee de cinco a seis brazos que al rotar envían el material a roturar hacia fuera, donde hay dos zonas intercaladas: una dentada o de corte (figura 5b), y otra de tamizado. Esta última se encuentra constituida por una malla metálica que puede intercambiarse para regular la granulometría deseada, lo que representa una ventaja sobre los molinos anteriores. Este tipo de molino es muy útil para triturar hojas, cortezas y raíces.

a) *Molino a disco dentado*



b) *Molino de crucetas*

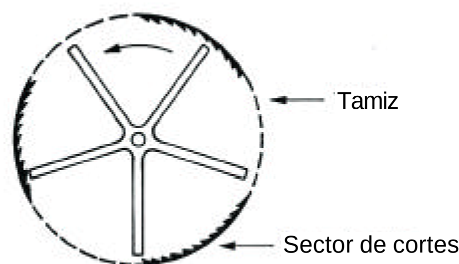


Figura 5. Esquemas de dos tipos de molinos comunes para el tratamiento de partes vegetales. 5a) a disco dentado. 5b) de crucetas.

Clasificación

El mercado exige en muchos casos una selección de calidades de ciertos materiales aromáticos. Esta clasificación tiene que ver con el uso final que se le dará al producto o a las características organolépticas generales del mismo, parámetros que influyen sustancialmente sobre su precio y el nivel de demanda.

Se puede clasificar por tamaños con zarandas o juegos de tamices (frutos de coriandro, flores de manzanilla), por colores en forma manual o según el proceso de secado utilizado (pétalos de flores, hojas de salvia), por calidades comerciales según la parte de la planta incluida (en manzanilla por ejemplo se comercializan las calidades 1º, 2º, con palo y polen, dependiendo de la cantidad de tallos, flores o corolas que se empleen), por forma de uso (para saquitos para infusión, para potpourri, para uso alimentario), etc.

Descontaminación y Estabilización

Uno de los problemas más serios en la conservación de las plantas aromáticas es su descontaminación. Si bien con el proceso de desecado se logra una notable estabilidad del producto, siempre queda latente la posibilidad de una contaminación con microorganismos o insectos. Debe considerarse que se está trabajando con un producto natural, que posee una carga microbiana lógica y normal, pero que puede a su vez estar contaminado por numerosos factores: la presencia de tierra en sus porciones radiculares, la inclusión de materias extrañas en la superficie de hojas pubescentes, el alto contenido de materiales de reserva (azúcares y aminoácidos) en frutos y semillas, que las hacen extremadamente proclives a fermentaciones o formación de colonias bacterianas, etc. Estas probabilidades son mayor aún durante el transporte marítimo de estos materiales, debido a los cambios climáticos que sufren (fuertes cambios de humedad relativa y temperatura, que hacen condensar humedad dentro de los intersticios de la carga). Además muchos países tienen normas precisas en cuanto a los mínimos aceptables de carga microbiana para estos productos.

Otro serio inconveniente que puede aparecer es la presencia de micotoxinas, productos formados por microorganismos que pueden contaminar al vegetal. Estas toxinas suelen ser altamente tóxicas, no solamente por lo efectos que producen sino también por las dosis mínimas que

resultan activas. En el caso específico de las aflatoxinas, se ha hecho un relevamiento de su posible presencia en varias especies aromáticas y medicinales (Rizzo y col., 1999). De las 41 especies ensayadas, solamente la lavanda (no se especifica en el trabajo qué tipo de lavanda) no pudo ser contaminada artificialmente con aflatoxinas, lo que supone la presencia de algún agente inhibidor. Pero se puso en evidencia el potencial riesgo de que tantas otras especies se contaminen, como el tilo, manzanilla, boldo, melisa, valeriana o menta.

Surge así una imperiosa necesidad de procesar el material con alguna técnica que permita reducir al máximo estos riesgos. Lamentablemente no hay un técnica ideal para todos los casos, y cada una de las conocidas tienen sus ventajas y desventajas. En el caso de las aflatoxinas por ejemplo, los procedimientos efectivos suelen ser incompatibles con el uso y propiedades de estas plantas (tratamiento con calor, disolventes, hipoclorito de sodio), por lo que la única posibilidad es la prevención y la conservación del material en ambientes de humedad y temperatura controlada. Veremos las técnicas más habituales empleadas para el control microbiológico.

Tratamiento con productos químicos: La manera más sencilla de desinfectar un material vegetal fresco puede ser el lavado con agua de lavandina diluida (hipoclorito de sodio). Sin embargo no siempre es posible hacer uso de esta técnica, pues puede destruir parte de los componentes activos o aromáticos presentes en el material, y lo que es peor aún (cuando el material va a ser usado como alimento) puede dejar el típico olor que hace desagradable su consumo. Consiste en sumergir la parte de la planta en una solución diluida de lavandina por un breve lapso, y luego enjuagarla con agua dos o tres veces, hasta eliminar los restos de lavandina que pudieran quedar absorbidos.

Otros productos que pueden usarse, dependiendo del caso, son por ejemplo las sales de amonio cuaternario (como el cloruro de benzalconio) y los fenoles, como el timol y el eugenol provenientes de algunas esencias naturales.

Tratamientos con gases: Durante muchos años fue la técnica de elección, pero en la actualidad muchos países tienen prohibiciones específicas de estos procesos. Entre los gases más comúnmente usados están el óxido de etileno, que no está permitido en Estados Unidos de N. desde 1984, ni en la Comunidad Europea; y el bromuro de metilo, que Estados Unidos de N. lo restringió a partir de enero de 2001, salvo usos muy particulares donde no se pueda reemplazarlo. Otros gas en la mismas condiciones es la fosfina (fosfuro de hidrógeno). Algunos de esto productos, como el bromuro de metilo, además de ser altamente tóxicos para el hombre, atacan la capa de ozono, actuando hasta 50 veces más rápido que los freones, por lo que se justifica su prohibición o las limitaciones de su uso exigidas por muchos países.

El óxido de etileno es un gas soluble en agua y muy explosivo, por lo que debe manipularse con mucho cuidado. Una vez dejado en contacto el material con este gas durante un tiempo prudencial, se lo debe ventilar generosamente para evitar la presencia de los residuos altamente tóxicos que deja: 2-cloro etanol y etilenglicol principalmente.

Además de la peligrosidad de sus residuos, el óxido de etileno puede modificar las características organolépticas de algunas plantas aromáticas, especialmente en lo que concierne a su color y aroma (Muraz y col. 1985, Chaigneau, 1983; Chaigneau y col., 1986 y 1993).

Tratamiento con radiaciones ionizantes: Consiste en la irradiación del material con rayos (, generados por el Cesio 137 o Cobalto 60 que es el más comúnmente usado. Esto se realiza en habitaciones especiales y se puede hacer por lote o en forma continua, pero normalmente estas instalaciones son ofrecidas como un servicio de terceros, pues los costos de instalación ascienden a varios millones de dólares.

Es fundamental en este proceso fijar el tiempo y la dosis de radiación. Se regula la irradia-

ción en función del tiempo de exposición, del material a procesar y del grado de descontaminación requerido. No debiera pasarse de los 10 KGy (kiloGray= 1000 jules por kilo de material irradiado), y lo aconsejado es entre 5 Gy y 10 KGy. Una dosis baja (menor a 1 KGy) solamente desinfecta e impide la germinación de semillas. Una dosis mayor (entre 1 y 10 KGy) elimina todo tipo de contaminación microbiana, pero no los virus, para los que haría falta sobrepasar los 10 KGy, hasta 15 KGy. Una ventaja de esta técnica es que muchos de los productos de embalaje son "transparentes" a estas radiaciones, por lo que se pueden irradiar materiales en sus envases finales: bolsas, plásticos, cartones, etc.

Muchos países tienen restricciones al uso de esta técnica. Para especias y productos vegetales no está permitido en Alemania, pero si en Estados Unidos de N.(desde 1986), Argentina, Brasil, Canadá, Dinamarca, Chile, Holanda y Francia. También hay que considerar que algunos países exigen que se declare en el rótulo del producto que se ha usado esta técnica, lo que no siempre es bien visto o aceptado por el comprador (Anónimo, 1989).

Además de estas limitaciones legales, conviene saber que la irradiación puede provocar problemas de calidad en muchos productos, sobre todo en los frescos, al cambiar no solamente el olor o sabor, sino también por provocar el ablandamiento de tejidos debido a la rotura de las membranas celulares que liberan enzimas endógenas. Este fenómeno puede detectarse a veces inmediatamente, otras veces días después de procesado.

Tratamiento con atmósferas modificadas: El gas más usado es el CO_2, por su bajo costo y alta seguridad, pues no deja residuos peligrosos. Ingresado a presión en un habitáculo donde se deposita el material a descontaminar, va desplazando al aire y saturando la parte inferior del mismo, por poseer una densidad superior a la del aire. Una atmósfera con 60% de CO_2 es suficiente para matar el 100% de los insectos presentes en un silo en 4 días (Steiner, 1993). Otro gas factible de ser usado, aunque más caro es el nitrógeno. El uso de este proceso en productos terminados está limitado por el uso de embalajes especiales, impermeables a este gas.

Tratamientos a altas temperaturas o altas presiones: Existen distintas ofertas de tecnologías en el mercado que utilizan estos procedimientos, dependiendo del vegetal que se trate y del producto final que se quiera lograr. Pueden emplearse hornos que llevan la temperatura hasta los 300 o 380ºC en un muy breve lapso de tiempo (menos de un minuto). El tratamiento a altas presiones es un proceso que destruye la estructura tridimensional de las proteínas (enzimas) y polisacáridos presentes en los seres vivos. Para ello se somete el producto a un campo de muy alta presión (entre 3.000 y 10.000 bar) y en general a temperatura ambiente.

Otros tratamientos, como con ambiente de ozono o con luces ultravioletas, presentan la limitación de destruir la contaminación microbiana solamente a nivel de superficie, la que esté en contacto con el gas o la lámpara. En un material con superficies tan desparejas y con tamaños de partículas tan distintas como es un vegetal desecado, resulta casi imposible exponerlo uniformemente a estas tratamientos, por lo que sus resultados son siempre parciales.

Fraccionamiento, Envasado y Almacenamiento

Son muchas las posibilidades y las exigencias varían para cada caso. Siempre se debe considerar la impermeabilidad del recipiente, aunque nunca debiera ser absoluta para evitar la condensación de humedad por cambio de temperatura, y la resistencia del material, sobre todo cuando se están envasando productos duros y con filos (raíces, tallos).

Se emplean bolsas de yute o plásticas (de 10 a 40 kg), de papel acartonado (simple, doble o triple), o de plástico tejido; y cuñetes de cartón o plástico. Algunas hojas o materiales voluminosos se enfardan por prensado. Cuando se manipulan cantidades reducidas, listas para comercializar, se pueden usar bolsas de papel o polietileno, cajas de cartón o frascos de vidrio o plástico.

Para el almacenamiento de estos productos es muy importante controlar la temperatura y humedad del depósito, además de adoptar todas las medidas posibles para evitar el ingreso de animales, roedores o insectos. Los envases debieran estar separados del piso por bastidores, y debiera extemarse los recaudos para evitar las contaminaciones cruzadas entre distintos vegetales, fundamentalmente or olor.

Cálculo del costo postcosecha

El costo de esta etapa depende en gran medida de los siguientes factores:

- costo de amortización de las instalaciones: secadero, despaladoras, balanzas, llenadoras de bolsas.
- costo de cada carga de materia prima, considerando material de descarte (por ej. en raíces: exceso de tierra, o en frutos: otras partes aéreas).
- rendimiento de producto después de secado y procesado (kg de producto seco por kg cargado)
- merma por descarte (por ejemplo la eliminación de tallos en romero, o de hojas manchadas en estragón).
- costo de los combustibles empleados.
- costo de fraccionamiento y empacado
- costo de la mano de obra empleada.
- costo de envío o distribución y mercadeo (propaganda, muestras gratis, folletería, comunicaciones, etc.).

Capitulo IX

Generalidades sobre los procesos extractivos utilizados en la obtención de aceites esenciales

Introducción

El mundo contemporáneo se amplió sustancialmente a partir de un conjunto generalizado de cambios en la vida política, tecnológica-productiva, comercial y cultural, que no escapan a nuestros sentidos y que han venido a modificar nuestra concepción de la producción, de la distribución y comercialización de bienes y servicios, de la enseñanza, la capacitación y el adiestramiento, así como la investigación y el desarrollo tecnológico, por sus repercusiones previsibles en los procesos de transferencia y asimilación de tecnologías, los cuales serán necesarios para lograr la competitividad industrial en el futuro inmediato.

El avance tecnológico ha permitido estos cambios en el marco de una economía global. Cada día y con mayor frecuencia surge en los países más desarrollados un vivo interés por el estudio y la investigación, el consumo y la producción de las plantas aromáticas y medicinales, que les abre un amplio y creciente campo de aplicación a las industrias farmacéutica, alimentaria y perfumero-cosmética.

A través de los siglos y hasta un período muy reciente, los progresos de la producción de derivados de la flora aromática fueron obra de artesanos anónimos; todos estos progresos y conocimientos estaban ligados con prácticas que fueron realizadas en el pasado; mucho de este savoir faire se perdió. En la actualidad se conoce la parte artesanal a través de enciclopedias que fueron realizadas en diferentes épocas, estos conocimientos tienen el mérito de recopilar los procedimientos que han dado origen a las técnicas contemporáneas de extracción.

En este contexto muchos países han desarrollado innovaciones tecnológicas que eran necesarias y urgentes para la reconversión y modernización general de los procesos empleados en la fabricación de productos derivados de la flora aromática y medicinal.

Reseña histórica

El uso de los aceites esenciales se remonta a la antigüedad. Los egipcios los utilizaron bajo la forma de baños aromáticos. Homero decía del Egipto “Tierra fecunda que produce en abundancia drogas, unas son remedios, las otras son perfume: país de médicos los más sabios del mundo”.

El egipcio Zozimo de Tebas (siglo III), eminente químico, reportó que la destilación seca era practicada en los templos bajo la protección del Dios Horus. Se han encontrado escritos que demuestran que los egipcios sabían destilar las esencias de las Coníferas 40 siglos A.C. Los faraones utilizaron los aceites para ser embalsamados. Una vez retiradas las vísceras del cuerpo las personas que embalsamaban llenaban el vientre del difunto con la mirra pura, canela y otros extrac-

tos vegetales. Después de una maceración de 70 días en NATRUM, se lavaba el cuerpo y se envolvía en bandas de tela impregnadas de un pegamento especial. Esta técnica logró una conservación del cuerpo de, al menos, 3.000 años (Sallé y col., 1991).

Los romanos y los griegos utilizaron los aromas para perfumar sus baños. En el tratado de olores, Atenea cita a Antiphane: "Ella se lava en una tina cubierta de oro, los pies y las manos con perfume de Egipto, para su mejilla y sus senos, ella toma el perfume de Fenicia, para los brazos ella utiliza la menta, para sus cejas y sus ojos la mejorana, para sus piernas y su cuello, el serpillo..." (*Thymus serpyllum*)

En la "Historia Natural", del libro XIII, Plinio cita los orígenes y los compuestos de perfumes que existían en esa época. Describe igualmente un aparato de destilación para obtener la esencia de trementina a partir de la resina del pino.

La caída del imperio romano hace olvidar la utilización de los aceites esenciales. Recién en la edad media los árabes redescubren la destilación de plantas, y es en el siglo XIII gracias a los trabajos de Gerberen que inventan el serpentín y el medio de enfriamiento. Después de una serie de expediciones, los cruzados reportan ente 1097 y 1270 la mayoría de los descubrimientos de los árabes.

Al mismo tiempo en Francia la burguesía y los señores usaban baños aromáticos, la capital tenía una treintena de baños públicos. Es en esta época que la farmacia favorece el desarrollo de la destilación de aceites esenciales, que fueron conocidos con el nombre de "quinta esencia". Jean de la Roquetaille, en 1350, adquiere renombre gracias a su obra "Sobre la Virtud y Propiedad de la quinta esencia de todas las cosas". E1 cirujano de Luis XIII, David de Planis Campy (1589-1644), describe igualmente todos los conocimientos para extraer la quinta esencia. Bajo el reinado de Luis XIV, la falta de higiene era común. Los ricos y los señores utilizaban una gran cantidad de perfume para enmascarar su mal olor a tal grado que el rey tuvo que prohibir su utilización al fin de su reinado, por llegar a un exceso en su uso. E1 químico y médico de Luis XIV. Lémery describe en su "Diccionario de drogas simples" todas las plantas que se utilizaban para la fabricación de drogas medicinales. Se contaba con alrededor de sesenta plantas de las cuales se extraían aceites esenciales. El siglo XIV fue también una época donde los baños aromáticos tuvieron un auge considerable. En esta época la industria de la perfumería nace en Grasse y se extrae el aceite esencial de lavanda y de espliego. En el siglo XVII casi todas las plantas aromáticas de Europa y del Medio Oriente ya eran destiladas. En el siglo XVIII se realizan los primeros controles, con el fin de descubrir las falsificaciones. Demanchy en su obra sobre "El Arte de destilación de aguas fuertes" en 1775 describe un equipo para la destilación de plantas empleando el vapor de agua.

A mediados del siglo XIX los primeros análisis químicos y la producción de aceites esenciales comerciales hacen su aparición. Cabe señalar que el *Codex Medicamentarius* Francés de 1837 contenía la descripción de 44 aceites esenciales; mientras que el *Codex* de 1949 mencionaba solamente 10. Esto fue la consecuencia del fuerte impulso dado a la industria de síntesis en esos años, y que llegó hasta pasados los primeros cincuenta años del siglo XX.

Desde fines del siglo XIX hasta nuestros días el desarrollo de la ciencia y la tecnología han permitido ampliar enormemente el conocimiento de las propiedades y la composición de los aceites esenciales. Fueron fundamentales los trabajos de Otto Wallach, premio Nobel de Química de 1910 por su labor en el análisis de los terpenos; los del suizo Leopold Ruzicka, premio Nobel de química de 1939 por sus trabajos sobre semisíntesis orientada a la perfumería; las contribuciones de los ingleses A.V. Martin y R.L. Synge, premios Nobel de química de 1952, por haber desarrollado la técnica de la cromatografía en fase gaseosa, la herramienta analítica por excelencia para el estudio de los aceites esenciales; y la labor de la escuela de aromaterapia y medicina natural desarrollada por hombres como el Ing. Gattefossé y el Dr. Leclerc, entre otros.

Hoy, gracias al notorio interés que está teniendo nuestra sociedad por los productos natu-

rales, y con el respaldo de toda la experiencia y la información científica disponible, el mercado de los aceites esenciales ha vuelto a tener un renovado impulso, por lo que se le pueden pronosticar nuevas y mejores perspectivas de crecimiento.

Generalidades sobre la aplicación de las operaciones unitarias extractivas

El objetivo de la aplicación de las operaciones unitarias en el campo de la ingeniería química y bioquímica para la extracción de productos naturales es efectuar un cambio en el material sólido y/o líquido para obtener la separación de un conjunto de sustancias, las cuales pueden tratarse de esencias, taninos, alcaloides, vitaminas etc.

Dentro de estas operaciones, y de acuerdo con el método empleado para la separación, éstas pueden clasificarse como de tipo mecánico o difusional. Las operaciones mecánicas se emplean para separar mezclas y las difusionales para las soluciones. Un ejemplo clásico de una separación mecánica es la clasificación de só1idos por tamizado; una difusional es la destilación. En la figura 1 se resume una clasificación de las operaciones unitarias.

En nuestro caso nos ocuparemos de las operaciones unitarias difusionales, ya que éstas comprenden la mayoría de los procesos extractivos aplicados a los productos aromáticos, la separación se realiza debido a la transferencia por "difusión" de uno o varios componentes cuando dos fases se ponen en contacto. Por difusión se entiende el movimiento a escala molecular de componentes químicos dentro de una sustancia de una región de alta concentración a una de baja concentración.

Tomando en cuenta que dentro de las operaciones difusionales una fase puede ser líquida, gaseosa o só1ida, Treybal realizó el estudio de éstas, clasificándolas en 6 grandes grupos según el estado de agregación, los que aparecen en la Figura 2.

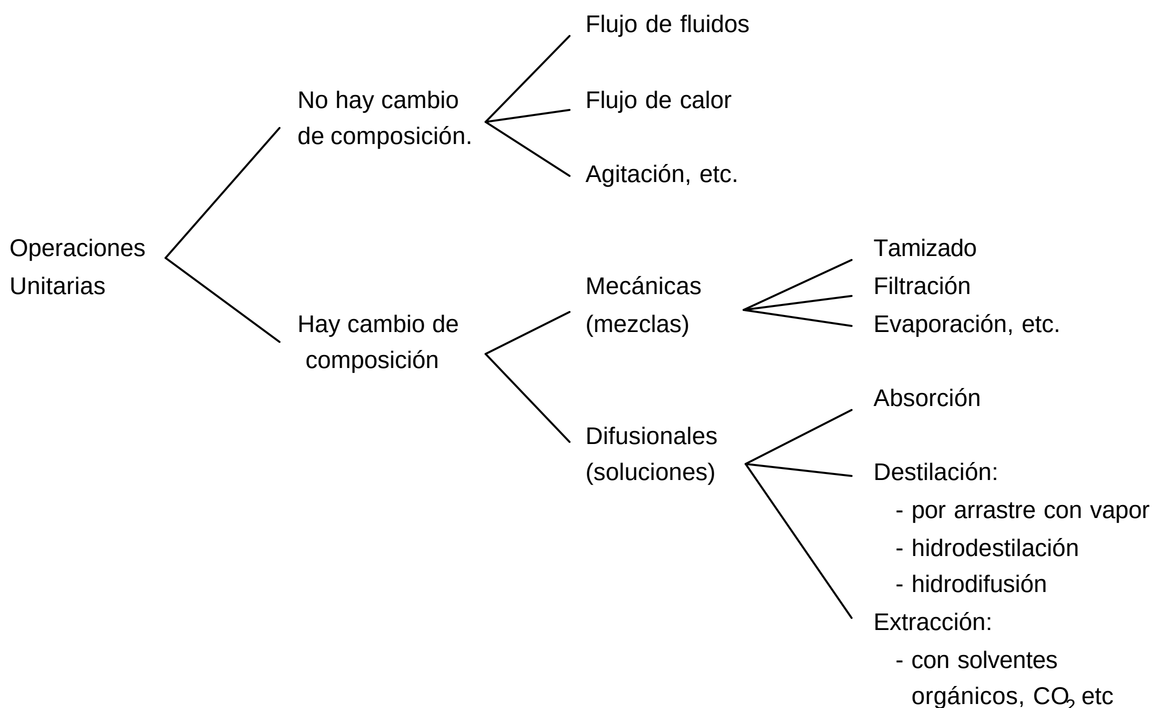


Figura 1.- Clasificación de las Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.

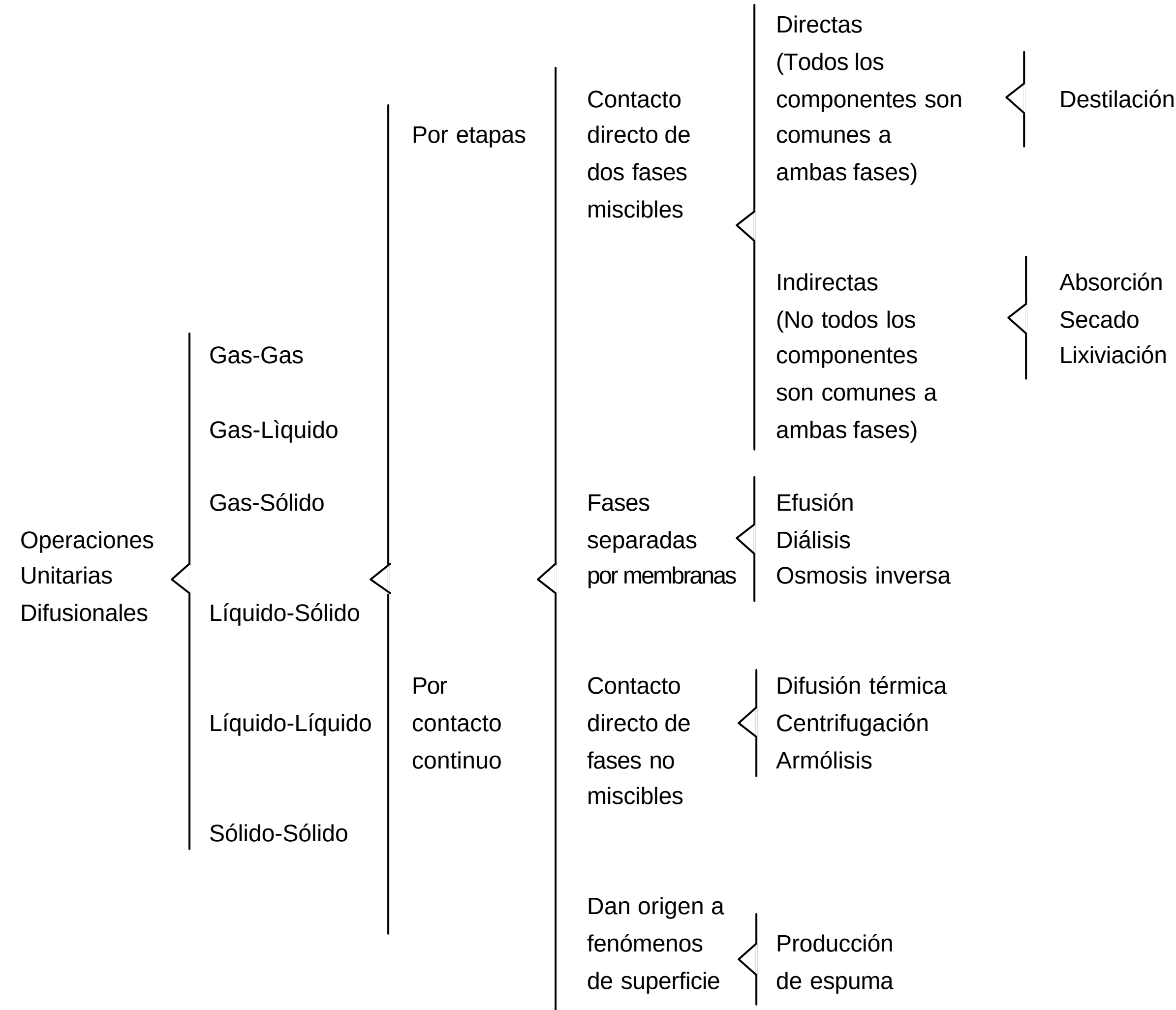


Figura 2.- Clasificación de los operaciones difusionales según Treybal.

Extracción de productos naturales aromáticos

Desde tiempos inmemorables el hombre ha utilizado al reino vegetal para la obtención de productos de uso alimenticio, curativo o cosmético. El método de aislamiento de los materiales aromáticos a partir de plantas es función, entre otros factores, del tipo de material a procesar.

En base a lo anterior, en el Cuadro 1 se presenta un listado de algunos tipos de estos materiales vegetales que se utilizan actualmente en la industria de productos de origen natural.

TIPO DE MATERIAL	EJEMPLO
Botones florales	Clavo
Flores	Jazmín, Rosa
Plantas herbáceas	Salvia, Menta
Hojas	Eucalipto
Corteza	Canela
Madera	Sándalo
Raíces	Angélica, Vetiver
Rizomas	Jengibre
Bulbos	Cebolla
Frutas frescas	Lima
Cáscaras de fruta	Naranja, Limón
Frutos secos	Coriandro, Hinojo
Semillas	Zanahoria
Líquenes	*Usnea*
Bálsamos	Bálsamo del Perú
Resinas	*Pinus*
Gomoresinas	Opopanax

Cuadro 1.- Partes de plantas empleadas en la obtención de productos aromáticos.

Asociado a esto, es importante considerar el lugar de localización de la sustancia aromática dentro de la estructura celular, la cual es a su vez dependiente del tipo de material vegetal y de la familia botánica de la misma.

Tipos de estructuras celulares en el material vegetal aromático

En el Cuadro 2 se muestran algunos ejemplos del tipo de estructuras celulares donde se localizan los aceites esenciales en ciertas familias del reino vegetal:

ESTRUCTURA CELULAR	EJEMPLOS
Pelos glandulares	*Lamiaceae, Verbenaceae, Geraniaceae*
Cavidades esquizógenas (Células separadas unas de otras)	*Myrtaceae, Poaceae, Asteraceae*
Canales lisígenos (Espacios resultantes por disolución celular)	*Rutaceae*
Canales resinosos	*Coniferae*
Canales gomosos	*Cistaceae, Burseraceae*

Cuadro 2.- Principales estructuras vegetales donde se localizan los productos aromáticos (De Silva, 1995).

Desafortunadamente, no existe mucha información acerca de estas estructuras a fin de formar un criterio válido de selección del proceso a utilizar en función del material vegetal trabajado. Pero en los casos donde sí se conoce se puede optimizar el proceso extractivo seleccionando la téc-

nica y la metodología más adecuada para cada caso. Como regla general para aquellas partes vegetales que contengan el aceite esencial en elementos celulares superficiales (caso de la menta o la lavanda) la extracción puede realizarse a presiones normales, mientras que los materiales que contengan la fracción aromática en elementos más internos (caso del vetiver y frutos de Umbelíferas por ejemplo) deberán ser procesados en lo posible con una mayor presión (Denny, 1991).

Métodos de obtención de los aceites esenciales

Los principales métodos utilizados para obtener aceites esenciales a partir de plantas aromáticas son los siguientes:

- Destilación con agua o hidrodestilación.
- Destilación por arrastre con vapor.
- Destilación con agua y vapor. Cohobación.
- Destilación previa maceración.
- Destilación sometida a una degradación térmica.
- Expresión

En el Gráfico 1 se representan los procesos utilizados y los productos provenientes de material vegetal aromático.

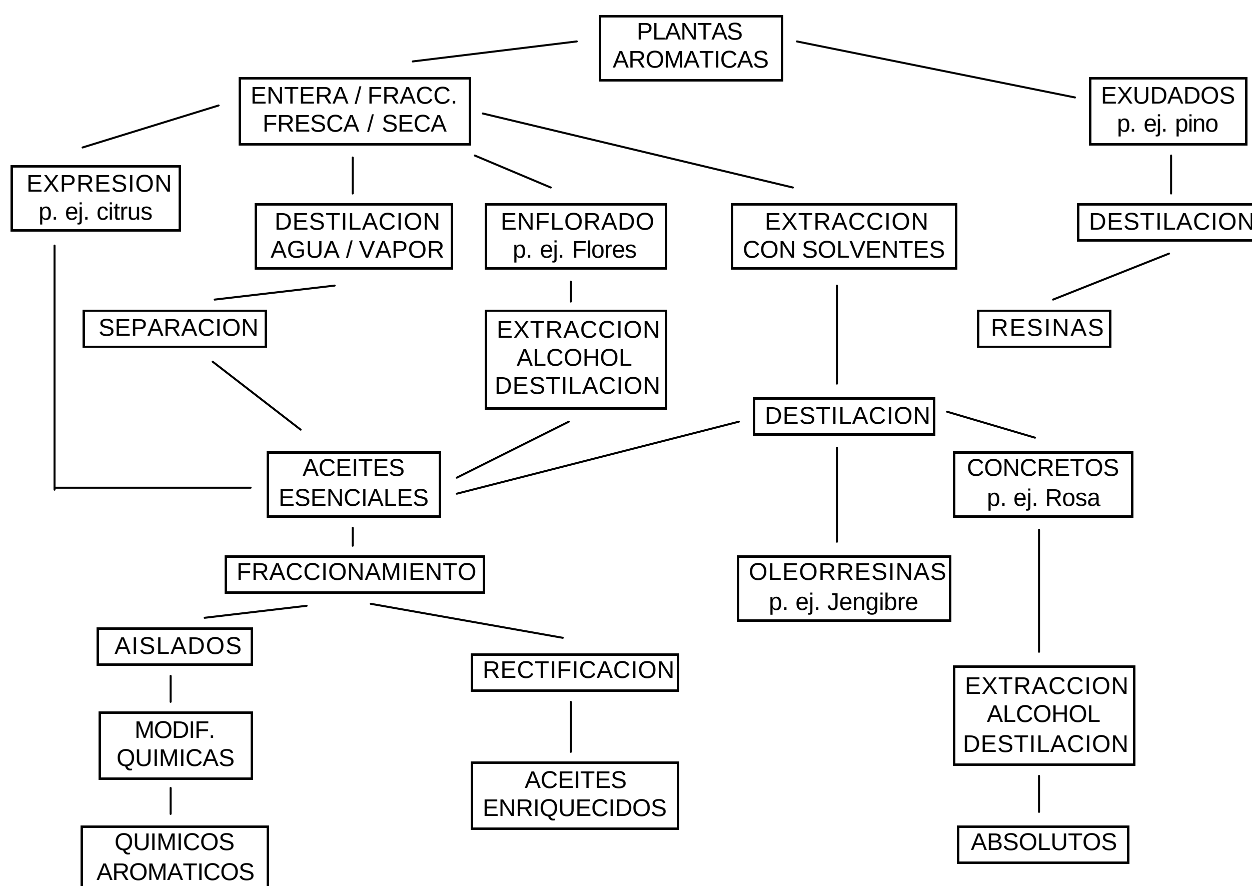


Gráfico 1.- Procesos utilizados y productos provenientes de plantas aromáticas. (Tuley de Silva, 1995).

Destilación con agua (Hidrodestilación).

El principio de la destilación en agua es llevar a estado de ebullición una suspensión acuosa de un material vegetal aromático, de tal manera que los vapores generados puedan ser condensados y colectados. El aceite, que es inmiscible en agua, es posteriormente separado.

Este sistema de extracción es particularmente empleado en zonas rurales que no cuentan con instalaciones auxiliares para la generación de vapor.

En la destilación con agua el material vegetal siempre debe encontrarse en contacto con el agua. Un factor de especial importancia a considerar es el de que, si el calentamiento del extractor es con fuego directo, el agua presente dentro del extractor deberá ser suficiente y permanente para llevar a cabo toda la destilación a fin de evitar el sobrecalentamiento o carbonización del material vegetal, dado que este hecho provocaría la formación de olores desagradables en el producto final.

El material vegetal en el extractor se aconseja mantenerlo en constante agitación a fin de evitar aglomeraciones o sedimentación del mismo en el fondo del recipiente, lo cual puede provocar su degradación térmica.

Algunas especies vegetales tienden a formar suspensiones mucilaginosas al someterse a calentamiento en medios acuosos, lo cual dificulta severamente la extracción del aceite esencial y la consecución del proceso (ejemplo destilación de las semillas de cardamomo). Por ello es importante realizar pruebas preliminares a nivel de laboratorio antes de efectuar destilaciones a gran escala. El equipo recomendado para realizar estas pruebas preliminares es el sistema Clevenger modificado, que se explica con más detalle en el capítulo XI.

El tiempo total de destilación es función de los componentes presentes en el aceite esencial. Si el aceite contiene compuestos de alto punto de ebullición, el tiempo de destilación deberá ser mayor. Dado que generalmente no es posible colocar suficiente agua para soportar todo el ciclo de destilación, se han diseñado equipos que presentan un tubo de cohobación lateral que permite el retorno de agua hacia la olla. Un ejemplo de este tipo de cohobación a escala de producción puede ser visto en la Figura 3, el cual es un esquema representativo del equipo tipo Cisirill desarrollado en el Instituto de Investigación Científica e Industrial de Sri Lanka.

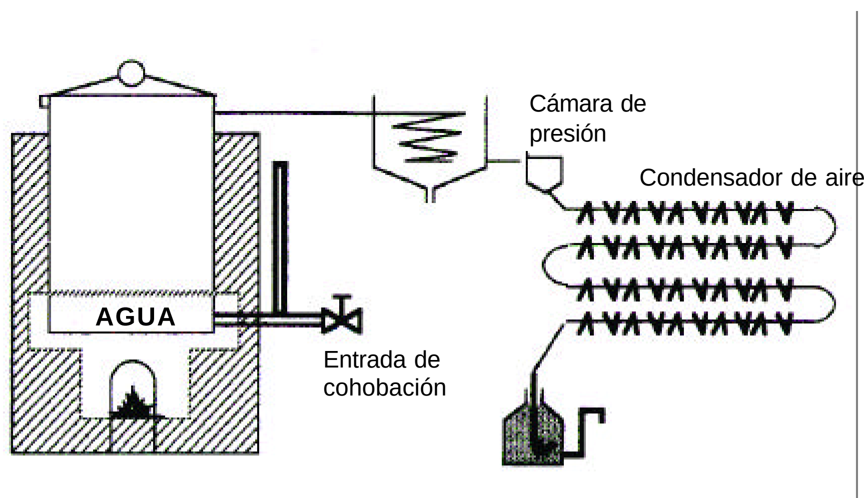


Fig. 3 Representación esquemática del Equipo tipo CISIRILL. (Tuley de Silva, 1995).

Los aceites esenciales obtenidos mediante destilación en agua normalmente presentan notas más fuertes y un color más oscuro con respecto a los producidos por otros métodos. Es po-

sible decir, en general, que los aceites producidos por destilación en agua son de menor calidad que los producidos por otros métodos por las siguientes razones:

- Algunos componentes como los ésteres son sensibles a la hidr61isis, mientras que otros componentes tales como los hidrocarburos monoterpénicos acíclicos o los aldehidos, son susceptibles de polimerización. (El pH del agua frecuentemente es bajo, hecho que facilita la realización de reacciones hidrolíticas o conversiones (Koedam y col., 1980).
- Los compuestos oxigenados, tales como los fenoles, tienden a ser parcialmente solubles en el agua de destilación, hecho por el cual es imposible la remoción completa de estos compuestos.
- Los tiempos requeridos de destilación son demasiado largos, lo cual se asocia a un detrimento de la calidad del aceite obtenido.

Por otra parte, este sistema presenta la desventaja de presentar una menor eficiencia energética con respecto a la destilación con vapor o vapor/agua, además de que, al ser realizada como un arte, normalmente no se opera bajo condiciones óptimas de tiempo y temperaturas tomando como punto de control la calidad del aceite obtenido.

Sin embargo, este método es útil cuando el material vegetal tiende a aglomerarse cuando el vapor pasa a través de él. Una ventaja adicional es que el costo involucrado para la fabricación del equipo es de los más bajos comparativamente entre los métodos enunciados, además de que su operación no requiere de servicios de energía eléctrica, vapor, aire u otros.

La duración de la destilación son largas en estos equipos a causa de la concepción del sistema de calentamiento y de enfriamiento, que limitan los rendimientos en esencia. El tiempo de destilación es en realidad muy variable, y debe definirse en función de la calidad de producto que se quiere obtener. En algunos casos, como por ejemplo en la esencia de eucalipto tipo eucaliptol, se pueden lograr productos muy distintos según se destile poco tiempo o mucho: en el primer caso se consigue una esencia muy rica en eucaliptol, y con un bajo costo, pero carente de productos más pesados, que resultan fundamentales para su uso como sabor. Existen en la bibliografía algunos estudios que evalúan estos tiempos (dos Santos y col., 1963). Para determinar estos tiempos conviene saber que en una hidrodestilación o destilación por arrastre con vapor, los primeros componentes volátiles que se extraen son los más solubles en agua. De esta manera durante la extracción se realiza una suerte de destilación fraccionada de la esencia contenida en la planta. Así por ejemplo en la alcaravea (*Carum carvi*) se ha observado (Fernándes Costa, 1994) que se extrae primero la carvona (con un punto de ebullición de 230ºC) y luego el limoneno (con punto de ebullición 178ºC). Este fenómeno es mucho menos notable cuando se usa la extracción por arrastre con vapor de agua.

Destilación por arrastre con vapor

La extracción por arrastre con vapor de agua, puede considerarse el más sencillo, seguro e inclusive, el más antiguo, ya que se menciona en texto tan antiguos como la Biblia. Está basado en que la mayor parte de las partes olorosas que se encuentran en una materia vegetal pueden ser arrastradas por el vapor de agua.

La destilación por arrastre con vapor que se emplea para extraer la mayoría de los aceites esenciales es una destilación de mezcla de dos líquidos inmiscibles y consiste, en resumen, en una

vaporización a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua, el cual ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y disminuir la temperatura de ebullición por adicionar la tensión de vapor del vapor que se inyecta, a la de los componentes volátiles de los aceite esenciales. Los vapores que salen del cuello de cisne se enfrían en un condensador donde regresan a la fase líquida, los dos productos inmiscibles, agua y aceite esencial y finalmente se separan en un decantador o vaso florentino.

La destilación por arrastre con vapor de agua, no ha podido ser sustituida por la extracción con solventes orgánicos o con calentamiento directo por la gran cantidad de ventajas que tiene en relación a estos dos últimos sistemas y que pueden resumirse en:

- El vapor de agua es muy económico en comparación al costo de los disolventes orgánicos.
- Asegura que no se recaliente el aceite esencial.
- No requiere el uso de equipos sofisticados.

El cálculo de la cantidad de vapor necesaria para separar una determinada cantidad de aceite esencial en función de la temperatura y la presión a la que se realiza la destilación se efectúa usando las ecuaciones clásicas empleadas en la destilación de líquidos inmiscibles.

En el momento del arrastre con vapor, la suma de la presiones parciales P_A y P_{H2O} (aceite esencial y agua) es igual a la presión total existente en el extractor, que en este caso es la atmosférica. La ecuación fundamental del arrastre con vapor se deduce de la ley de los gases perfectos, según las cuales las presiones de vapor de los componentes de una mezcla gaseosa son proporcionales al número de moléculas presentes.

$$-\frac{dQ}{dA} = \frac{P_{H_2O}}{P_A} \qquad (1)$$

Siendo **Q** la cantidad total de agua en moles, necesaria para realizar el arrastre y **A** el número de moles del aceite esencial volátil existente en el extractor.

Para integrar la ecuación anterior es necesario conocer la relación entre $\mathbf{P_{H2O}}$ y $\mathbf{P_A}$ y el resto de las variables existentes. La presión de vapor del aceite depende de la concentración de aceite en la carga y puede calcularse en función de **A** y de **C** (siendo **C** los moles de los componentes no volátiles en la carga) y de la tensión de vapor del componente puro (aceite esencial), con base en la ley de Raoult. Hay que tomar en cuenta la vaporización del aceite esencial que se efectúa durante el inmediato paso del vapor de agua a través de la carga (hojas, semillas, parte aérea, raíces, tubérculos, etc.) y en consecuencia la presión de vapor de **A** en fase gaseosa será menor que la correspondiente de equilibrio a esa temperatura.

Para resolver esta desviación se corrige la ley de Raoult con un coeficiente de eficiencia **E**, que siempre será inferior a la unidad y será función de las condiciones reinantes dentro del extractor de destilación. Siendo **rA** la tensión de vapor del aceite esencial, obtendremos:

$$P_a = E \cdot \rho_A \frac{A}{A+1} \qquad (2)$$

La presión de vapor del agua, que es constante cuando se han establecido las condiciones de operación y existe condensación, es igual a la tensión de vapor del agua a la temperatura de la misma dentro del extractor y que se expresa en todo momento, como la diferencia entre la presión total (la atmosférica) y la del componente volátil.

$$P_{H_2O} = P_{tot} - P_a = P_{tot} - E \cdot \rho_A \frac{A}{A+1} \qquad (3)$$

Relacionando las tres ecuaciones anteriores (1), (2) y (3) podemos deducir la ecuación correspondiente al proceso de arrastre con vapor de agua:

$$\frac{Q}{A} = \frac{P_{H_2O}}{E \cdot \rho_A} \qquad (4)$$

Si se multiplica a ambos miembros por los Pesos Moleculares respectivos del agua y del aceite esencial nos queda:

$$\frac{W_{agua}}{W_A} = \frac{Q \cdot PM_{agua}}{A \cdot PM_A} = \frac{P_{agua} \cdot PM_{agua}}{E \cdot \rho_A \cdot PM_A}$$

siendo $\mathbf{W_{agua}}$ la relación en peso de la cantidad de vapor de agua necesaria para obtener una determinada cantidad de aceite esencial mediante arrastre con vapor. Como es imposible determinar el peso molecular de un aceite esencial, lo que se hace en la práctica es utilizar un promedio ponderado de los pesos moleculares de los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial. Además de esto es necesario disponer de una curva donde se relacione la tensión de vapor del aceite esencial a distintas temperaturas. Si no se dispone de estos datos, se calcula la relación por separado para cada uno de los componentes principales.

La determinación del coeficiente de eficiencia en los arrastres con vapor tratándose de líquidos fue estudiado por Carey, quien dedujo que era función del espesor de la capa líquida **l** , del diámetro medio de la burbuja **d** y de una constante **K** característica de la sustancia destilada, que está relacionada con la difusividad de la misma en estado gaseoso. La relación exponencial propuesta fue:

$$E = 1 - e^{-K \frac{1}{d}} \qquad (5)$$

Para cálculos prácticos y tratándose de líquidos, **E** oscila entre 0,5 y 0,7.

Cabe señalar que cuando se efectúa el arrastre con vapor de agua de un aceite esencial encerrado en una pared vegetal de una planta, los coeficientes dependerán no sólo de lo compactado del material, sino también de factores tales como la permeabilidad del material celulósico para permitir el paso del aceite volátil.

Para dar un ejemplo de cómo se calcula la relación entre el gasto de vapor necesario y la

cantidad de esencia obtenida, se analizará el caso de la esencia de trementina. Sus componentes principales son el α y β pineno (53 y 35% respectivamente), por lo que el peso molecular a utilizar será 136 (correspondiente a los dos isómeros del pineno) y 18 para el agua. Tomando el dato de la bibliografía (Badger y McCabe, 1936), a 95.5ºC la tensión de vapor (ρ) de la esencia trementina es de 114 mm de Hg, y la del agua es de 646 mm de Hg. Teniendo en cuenta un valor de eficiencia de 0,6 queda:

$$\frac{W_{agua}}{W_A} = \frac{646 \text{ mm Hg} \cdot 18}{0,6 \cdot 114 \text{ mm Hg} \cdot 136} = 1,25$$

En la Figura 4 se muestra un esquema de un equipo de extracción por arrastre con vapor de agua a nivel piloto desarrollado en el CIATEJ.

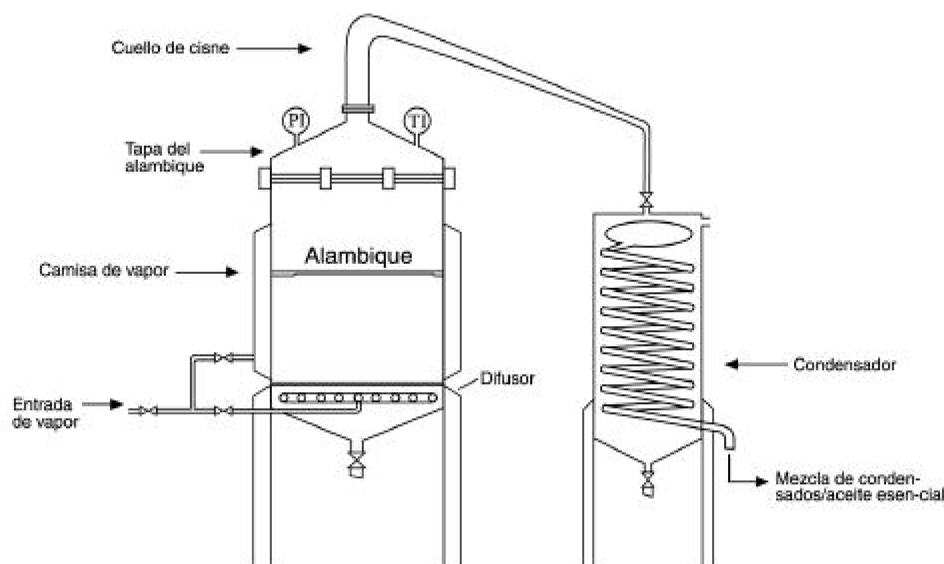


Figura 4.- Equipo piloto de extracción de aceites esenciales tipo CIATEJ.

En los diseños más modernos de destiladores de este tipo, el vapor se genera dentro de una camisa en el cuerpo del extractor, lo que significa un importante ahorro de energía, pues el calor que irradia esta camisa hacia adentro sirve para precalentar el material vegetal en el interior del extractor, reduciendo la cantidad de vapor necesaria para llegar a la temperatura de destilación de la esencia.

La destilación de plantas aromáticas y medicinales, se efectúa, a menudo, con vapor directo, en extractores con capacidades que varían de 50 litros para los de nivel de laboratorio, a los de 1.000 a 6.000 litros para las instalaciones de gran envergadura. Varios recipientes pueden ser colocados en una misma planta, según la importancia de la producción y el ritmo de la destilación. La mayoría de los equipos está compuesto de dos recipientes de capacidad de 1.500 litros, los cuales pueden ser ocupados alternativamente: mientras una unidad está en proceso de extracción, la otra está en operación de carga o descarga de material vegetal, esto redunda en un ahorro de tiempo importante para los costos de producción.

La destilación de plantas aromáticas se efectúa generalmente con bajas presiones, con el fin de no deteriorar los constituyentes del aceite esencial por efecto de una temperatura muy elevada. Sin embargo, es necesario para cierto tipo de esencias como es el caso del vetiver (*Vetiveria zizanoi-*

des) o clavo de olor (*Eugenia caryophyllata*) de operar con presiones de 1 a 2 bar. Se logra reducir el tiempo de destilación y conducir a un mejor rendimiento, sin perjudicar la calidad de la esencias.

Formación de emulsiones en el proceso de arrastre con vapor

Es necesario mencionar que cuando se realizan destilaciones hetero-azeotrópicas de plantas aromáticas utilizando unidades de extracción con vapor, una vez efectuada la condensación de dos líquidos no miscibles, se obtienen generalmente en el recipiente de decantación emulsiones de tipo directa, es decir aceite en agua y emulsiones inversas de agua en aceite, que son muy estables y difíciles de separar. Estas emulsiones, llamadas "térmicas", de aspecto lechoso, tienen diámetro de gotas de algunos micrones.

Durante la destilación de una planta aromática se presenta un fenómeno de separación de fases que ni la simple decantación o la cohobación permiten la recuperación de los aceites esenciales. Además, es pertinente indicar que las emulsiones que se forman representan un doble interés para que sean tratadas. Por un lado es deseable recuperar la esencia que se podría perder, sobre todo cuando son de alto costo. Y por otro lado se contribuye al mantenimiento del ecosistema mediante un tratamiento que permite la descontaminación del agua de condensación. En las empresas destiladoras de aceites esenciales efectúan la separación en un recipiente denominado "vaso florentino".

La mayor parte de las técnicas de separación de fases de una emulsión se basan sobre la ecuación de Stokes, que expresa la relación que existe entre la velocidad ascencional o de sedimentación de una microgota de la fase dispersa en el seno de una fase continua.

$$W = \frac{\Delta\rho \cdot g \cdot d_E^2}{18 \cdot A \cdot \mu \cdot c}$$

En la ley de Stokes se encuentran expresadas el conjunto de técnicas de separación aceleradas que pueden ser aplicadas para separar emulsiones de tipo secundario. Para acelerar la velocidad ascencional o de sedimentación de la fase dispersa, se puede influir directamente o indirectamente sobre los 4 parámetros que condicionan esta última.

1. Si se influye sobre la viscosidad (μc) de la fase continua se disminuye su valor por la elevación de la temperatura. A esta técnica se le conoce como **tratamiento térmico**.

2. Para el caso de querer influir sobre la diferencia de densidad entre fases ($\Delta\rho$) se puede aumentar en ciertos casos de manera artificial por la **técnica de flotación con aire**. También se puede provocar esto, saturando la fase acuosa con una sal (agregando un exceso de sal de mesa por ejemplo). Esto provoca la separación de cualquier elemento que permanezca en la fase acuosa en un equilibrio metaestable.

3. Cuando se desea influir sobre la aceleración de la gravedad (**g**) se sustituye por un aceleración centrifuga. En estos casos se emplea la **centrifugación** mediante el uso de **hidrociclones**.

4. Influir sobre el diámetro ($\mathbf{d_E^2}$) de las microgotas de la emulsión que se desea separar. Podemos notar que en este caso se trata del parámetro de acción más sensible ya que se encuentra elevado al cuadrado. En este caso se provoca una aglomeración de

microgotas de fase dispersa, para obtener macrogotas que sean fáciles de separar. Dos técnicas de principios muy diferentes pueden asegurar la coalescencia de microgotas:

a) La **electrocoalescencia**, aplicable sólo cuando la fase continua es no conductora de la electricidad.

b) La **coalescencia** sobre lechos fibrosos o granulares aplicables en todos los casos, sobre todo en la separación de aceites esenciales emulsionados en agua.

Destilación con agua- vapor.

En este caso el vapor puede ser generado mediante una fuente externa o dentro del propio cuerpo del extractor, aunque separado del material vegetal. La diferencia radical existente entre estos sistemas y el anteriormente mencionado es que el material vegetal se encuentra suspendido sobre un tramado (falso fondo) que impide el contacto del material vegetal con el medio líquido en ebullición. Este sistema reduce la capacidad neta de carga de materia prima dentro del extractor pero mejora la calidad del aceite obtenido. En la Figura 5 se muestra un equipo tradicional de un proceso de destilación vapor - agua:

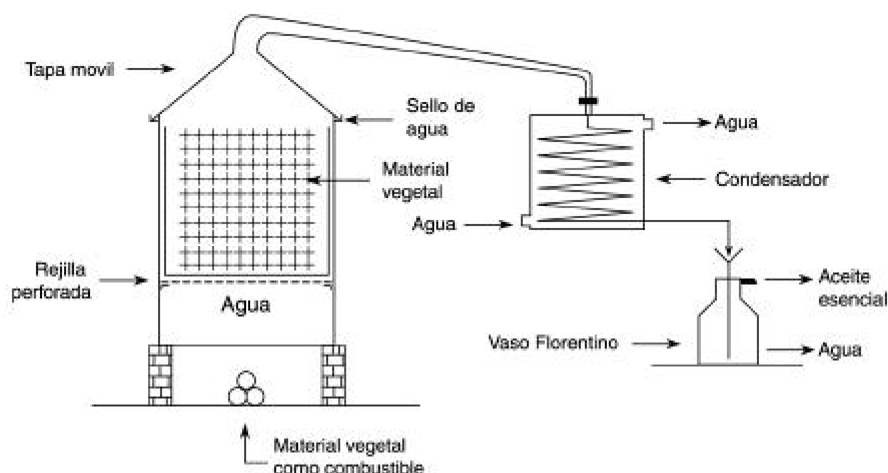


Figura 5.- Equipo tradicional de destilación vapor - agua.

Si la cantidad de agua contenida en el extractor no es suficiente para sostener el proceso de destilación, es conveniente utilizar un sistema de cohobación a través del cual, el agua ya condensada es retornada al cuerpo del extractor para volver a ser calentada.

A continuación se describe algunos aspectos importantes a considerar referentes al mecanismo de cohobación.

Aplicación de la cohobación

La cohobación es un procedimiento que solamente puede ser utilizado para la destilación de vapor y destilación agua-vapor. Como ya se ha mencionado, el sistema de cohobación involucra el retorno del condensado de agua (una vez separado el aceite esencial) al cuerpo del extractor.

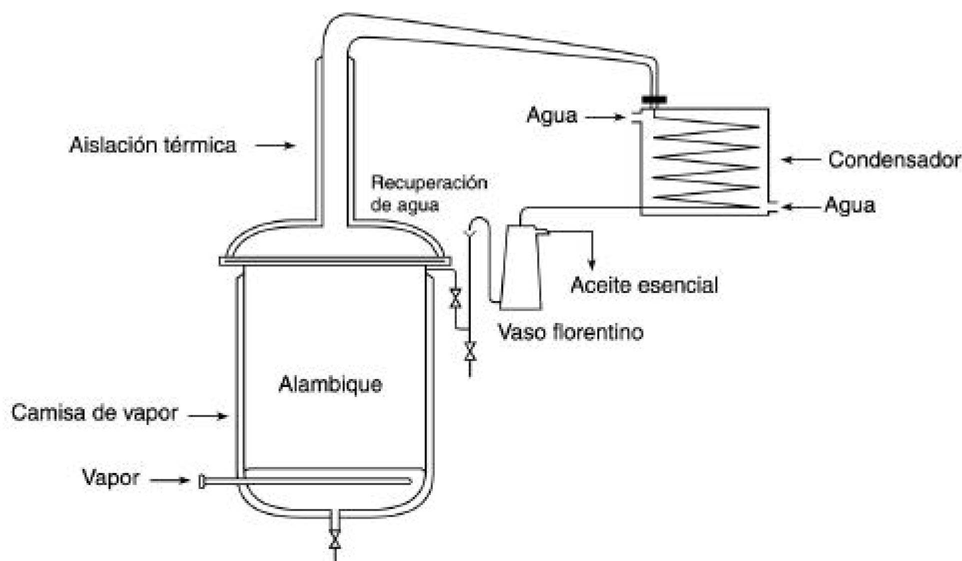


Figura 6. Esquema de un destilador con sistema de cohobación.

Este hecho permite minimizar las pérdidas de componentes oxigenados, particularmente los fenoles que presentan una gran solubilidad en agua. El reuso del agua condensada permitirá que ésta llegue a saturarse con los constituyentes disueltos de tal manera que no será capaz de disolver mayor número de componentes.

Para la mayoría de los aceites, las pérdidas reportadas utilizando este sistema no rebasa, más que para aceites ricos en fenoles, el 0,2%.

La destilación con agua-vapor de plantas aromáticas se efectúa, desde hace muchos años, en equipos artesanales de pequeñas capacidades que trabajan a "fuego directo", los cuales no están muy difundidos aún en el caso de países en vías de desarrollo.

Destilación previa maceración

En algunos casos la plantas aromáticas requieren ser sometidas a un proceso de maceración en agua caliente para favorecer la separación de su aceite esencial ya que sus componentes volátiles están ligados a otras sustencias, formando componentes glicosidados. El método se aplica para extraer el aceite de semilla de almendras amargas, bulbos de cebolla, bulbos de ajo, semillas de mostaza, hojas de gaulteria y hojas y corteza de abedul.

En el Cuadro 3 se muestran las reacciones enzimáticas previas reportadas (Guenther, 1952; Block, 1985) para estos materiales vegetales.

PLANTA	PRECURSOR	ENZIMA	PRODUCTO AROMATICO
Gaulteria	gaulterina (ormootropiside)	primaverosidasa	salicilato de metilo + primaverosa
Almendra amarga	amigdalina (mandelonitrilo gentiobiósido)	emulsina	benzaldehido + glucosa + HCN
Mostaza negra	sinigrina (mirosinato de potasio)	mirosinasa	isotiocianato de alilo + glucosa + KHSO4
Cebolla	cebolla alilos mezcla de sulfóxido de S-alquil cisteína	alilasa	disulfuro de dipropilo + propionaldehido (mayor)
Ajo	ajo alilos sulfóxido de S-alil cisteína	alilasa	disulfuro de dialilo (mayor)

Cuadro 3.- Ejemplos de aceites esenciales producidos por reacciones enzimáticas.

Destilación sometida a una degradación térmica

Es utilizado por ejemplo para producir la brea del abedul y para obtener el aceite de enebro, en un proceso en el cual sucede una degradación térmica. Según Guenther (1952), para el caso de la producción del aceite de enebro, la madera del tronco, las ramas y las raíces de la especie *Juniperus oxycedrus* L. son fragmentadas en pedazos que se amontonan sobre una plancha cóncava que posee en el centro un tubo conductor con orientación hacia abajo del colector. En otro recipiente de hierro se coloca carbón, el cual se quema hasta alcanzar un color rojo intenso, el resultado del calor extremo que genera esta combustión se transmite hacia los fragmentos de madera, ésta sufre una descomposición térmica que permite la liberación del aceite esencial. Una vez “extraída” esta esencia se mezcla con las sustancias piroleñosas de la madera carbonizada dando como producto un líquido viscoso homogéneo de color pardo oscuro con un fuerte olor a humo. En la Figura 7 se representa en forma esquemática.

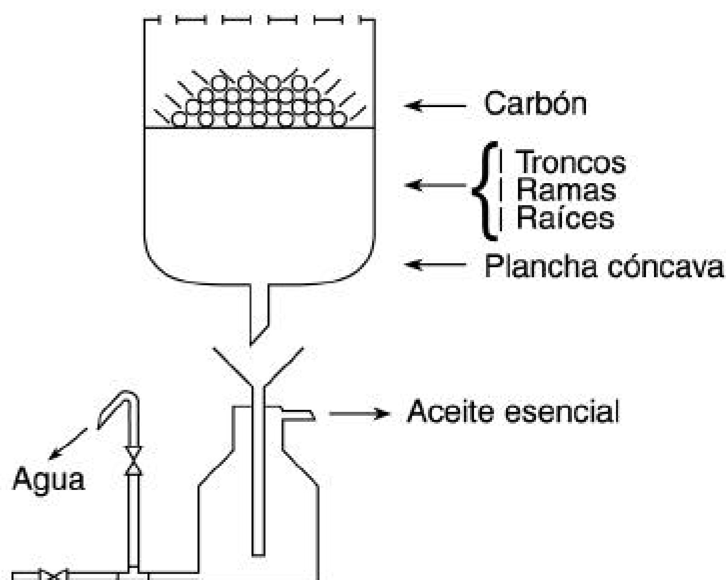


Figura 7.- Esquema de un extractor por degradación térmica.

En forma reciente Chalchat y col. (1990) demostraron que muchos hidrocarburos sesquiterpénicos soportan estas condiciones drásticas de destilación. Como resultado, la cantidad de aceite que se descompone no es tan grande, sin embargo para ciertos hidrocarburos sesquiterpénicos ocurren ciertos reacomodamientos. Finalmente, es de interés mencionar que el enebro francés se produce por esta técnica con la especie *Juniperus oxycedrus* L., de la misma manera que el aceite de enebro español a partir de las especies *Juniperus phoenicea* L. o *Juniperus sabina* L.

Procesos de expresión aplicados a los cítricos

Estos procesos son generalmente aplicados a los frutos de los agrios y su aplicación se conocen desde el año 1776. Rodano clasificó en varias etapas los fenómenos que ocurren durante la extracción del aceite siendo éstas las siguientes:

a) Laceración de la epidermis y de las celdas que contienen la esencia.

b) Creación en la cáscara de áreas con presión mayor que sus circundantes a través de las cuales el aceite fluye al exterior.

c) Abrasión de la cáscara, con la formación de pequeñas partículas de la raspadura. La extracción del aceite se realiza sobre la fruta entera o sobre la cáscara, y en ambos procesos se puede realizar con un proceso manual o mecánico.

En el Cuadro 4 se da una clasificación de estos tipos de procesos:

PRODUCTO PROCESADO	SISTEMA	PROCESO
FRUTO	MANUAL	ESCUDILLA SISTEMA DE CUCHARA RALLADOR CIRCULAR
	MECÁNICO	POR “STRIADURA” “PELADORAS” ESPECIALES
CÁSCARA	MANUAL	ESPONJA
	MECÁNICO	POR “AFUMATURA” POR PRESIÓN ESPECIALES

Cuadro 4.- Procesos extractivos aplicados para la extracción de aceites esenciales de cítricos (Haro Guzmán, 1969).

Todos los métodos anteriormente mencionados se basan en la ruptura de las glándulas secretoras de aceite y en recolectar en forma inmediata la esencia, para evitar ser absorbida por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de procesos. Por esta razón todas las máquinas que procesan los cítricos cuentan con un sistema de aspersión de agua que moja constantemente la superficie del fruto.

Cabe señalar que para efectuar una buena selección del proceso a aplicar, es necesario considerar la disponibilidad y los volúmenes de materia prima a procesar. Además, cada uno de estos procesos puede tener una influencia considerable en lo que respecta a la calidad del aceite esencial.

La Figura 8 representa un diagrama de una máquina de extracción de aceite esencial de cítricos por sistema peladura.

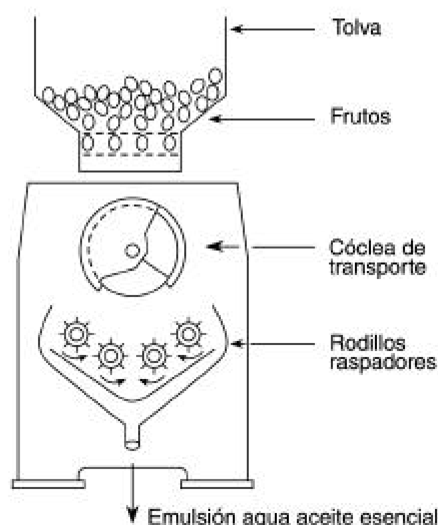


Figura 8.- Equipo para obtención del aceite esencial de cítricos por el método de expresión (Peladura).

Técnicas de vanguardia para la extracción de aceites esenciales

Hidrodifusión.

La Sociedad Montenier Technologies ha desarrollado un sistema de extracción llamado H.D.F.(Figura 9) que usa un flujo descendente de vapor de agua que pasa a través de la materia vegetal. La concepción del extractor tipo H.D.F. hace uso de la acción osmótica del vapor de agua, haciendo que se libere bajo forma de azeótropo el aceite esencial contenido en la materia vegetal. Este proceso de ósmosis es conocido bajo el nombre de hidrodifusión. El principio es el de hacer liberar y condensar el vapor aprovechando la gravedad, dispersando el azeótropo producido por el vapor de agua en la masa vegetal. Esta nueva técnica permite disminuir los inconvenientes de la hidrodestilación clásica. Los aparatos de este tipo funcionan actualmente en diferentes países. Este proceso se aplica en forma particular para el ciste, el cardamomo y el romero.

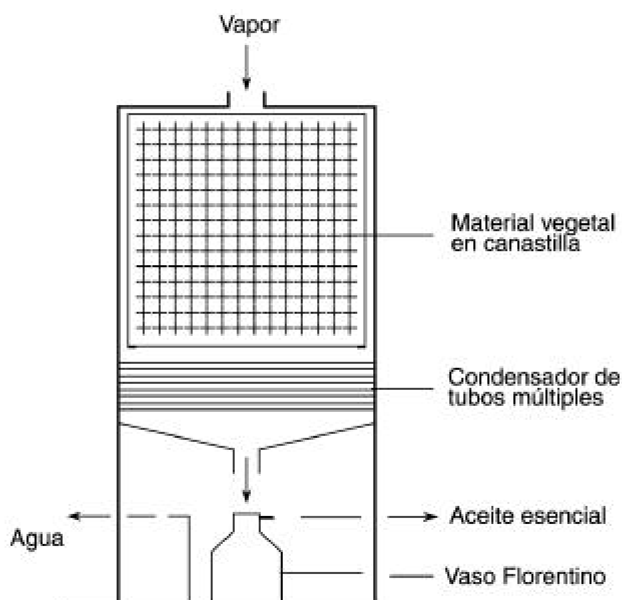


Figura 9.- Equipo de hidrodifusión para obtención de aceites esenciales.

Utilización de los ultrasonidos en el proceso extractivo de hidrodestilación.

La aplicación del ultrasonido ha sido utilizada en diversas ramas de la industria tales como la metal mecánica, farmacéutica y cosmetológica. En forma reciente se viene investigando y desarrollando su aplicación para la obtención de aceites esenciales (Vilarem y col. 1997; García - Fajardo, 1995).

La aplicación del ultrasonido facilita la liberación del aceite esencial de la paredes celulares de la materia vegetal sometida al proceso extractivo. Se caracteriza por transmitir cantidades sustanciales de energía por la acción de vibraciones de las partículas presentes en el medio de extracción. El ultrasonido (Blitz 1969; Payne, 1994) se localiza en el rango de frecuencias por encima de las audibles por el oído humano: aproximadamente sobre 18 kHz.

Cabe mencionar que la aplicación del ultrasonido depende de la composición del fenómeno acústico que se produce dentro del tipo de material al cual le sea aplicado, además que las presiones acústicas causan fenómenos de cavitación (Atchely y Crum, 1998) aunado a microcorrientes en los líquidos, calentamiento y fatiga en los sólidos. Así mismo hay que tomar en cuenta que la aceleración ultrasonora es responsable de la inestabilidad que ocurre en la interfase líquido-líquido y líquido-gas.

Con fines de conocer la influencia de los ultrasonidos en los procesos extractivos de materiales vegetales, la compañía DCF Aroma Process de Francia ha desarrollado un equipo Turbo destilador a nivel piloto que permite efectuar un proceso de hidrodestilación acelerada en discontinuo, el cual cuenta con un generador de ultrasonidos de 200 watts (22 kHertz).

Extracción por microondas.

Es una técnica patentada originalmente en Canadá (Paré y col., 1989). Consiste en aprovechar el mismo proceso de los hornos a microondas caseros, es decir en calentar el agua contenida en el material vegetal, que a su vez está inmerso en un disolvente “transparente” a las microondas, como pueden ser el Cl4C, el hexano o el tolueno. Al aumentar la temperatura del medio, se rompen las estructuras celulares que contienen a la esencia por efecto de su presión de vapor. La esencia es así liberada y disuelta en el disolvente presente en el medio. La principal ventaja de esta técnica es su velocidad, pues pueden lograrse extracciones en minutos, cuando comparativamente una técnica tradicional como la hidrodifusión necesita varias horas (Collin y col., 1991).

La implementación del sistema de microondas a escala industrial, si bien es factible tecnológicamente, implica una fuerte inversión económica. Además, debe tenerse en cuenta que, como en cualquier cambio de las tecnologías tradicionales, los productos obtenidos suelen diferir en calidad de los normalmente ofrecidos en el mercado internacional, y pueden por lo tanto significar un problema para competir con el producto comercialmente consagrado.

Extracción con fluidos en estado supercrítico.

Introducción

En un diagrama temperatura-presión que muestre los dominios de los tres estados físicos, sólido, líquido y gaseoso, se puede observar una interrupción de la curva que delimita los estados líquido y gaseoso (Figura 10); la abscisa correspondiente a dicha interrupción corresponde a la temperatura crítica, más allá de este punto se vuelve imposible la licuefacción del gas independientemente de la presión aplicada. La temperatura crítica está asociada a una presión crítica; ambos valores fijan los valores mínimos del dominio, denominado como estado supercrítico ($T>T_{crit}$; $P>P_{crit}$).

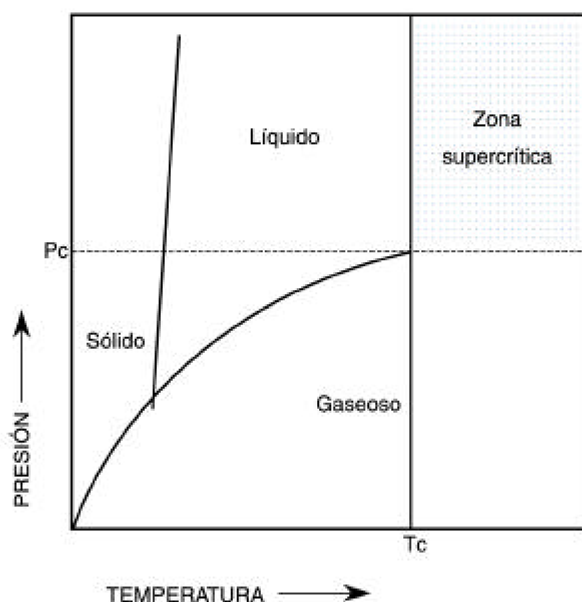


Figura 10.- Diagrama de fases presión-temperatura para una sustancia pura.

Bajo condiciones supercríticas, las propiedades de transporte del solvente se modifican; por ejemplo, un fluido en estado supercrítico posee una densidad similar a la de los líquidos, una alta compresibilidad, muy baja viscosidad y alta difusividad. A medida que un fluido supercrítico intensifica su poder disolvente con una alta densidad, una baja viscosidad y una menor tensión superficial, se logran mejores penetraciones y difusión en el material de extracción.

La extracción con fluidos en estado supercrítico presenta algunas ventajas sobre los métodos extractivos tradicionales, algunas de estas ventajas dependen directamente del disolvente. Algunos de los efectos a considerar deberán ser:

1) El disolvente debe mostrar afinidad por los compuestos a extraer para poder solubilizarlo.

2) El disolvente debe ser inerte con respecto a los materiales con los que está en contacto bajo las condiciones de extracción.

3) El disolvente deberá tener valores de temperatura y presión críticas relativamente moderados.

4) El disolvente debe ser barato, no tóxico, de preferencia no inflamable y fácil de conseguir en altos grados de pureza. El dióxido de carbono es el disolvente de mayor utilización en el procesamiento de alimentos en los últimos años, debido a que reúne la mayor parte de las características mencionadas. Una comparación de las condiciones críticas del dióxido de carbono con las condiciones de otros disolventes puede ser vista en el Cuadro 5.

Fundamentos

El principio básico para la extracción con fluidos en estado supercrítico se basa en el cambio de propiedades de transporte y de solubilidad que presenta un solvente en este estado. Para el caso del dióxido de carbono como fluido en estado supercrítico dos factores compiten en la in-

fluencia de la solubilidad de los solutos. Al incrementar la temperatura se incrementa la presión de vapor del soluto y por lo tanto su solubilidad. Sin embargo, simultáneamente a un incremento en la temperatura se disminuye la densidad del CO_2, con lo cual tiende a decrecer la solubilidad del soluto. Conforme la presión se incrementa por encima del punto crítico del dióxido de carbono (7.38 mPa), la densidad del fluido se vuelve menos dependiente de la temperatura y la presión de vapor del soluto se vuelve dominante, de manera que la solubilidad del soluto se incrementa con la temperatura. Un máximo de solubilidad puede ocurrir, pero la solubilidad de un soluto siempre se incrementa cuando aumenta la densidad del fluido supercrítico.

Disolvente	**Propiedades críticas**		
	Temperatura (°C)	**Presión (atm)**	**Densidad (g/cm^3)**
Metano	-82.6	45.44	0.162
Etileno	9.2	49.66	0.218
Clorotrifluorometano	28.9	38.7	0.579
Dióxido de carbono	**31.0**	**72.85**	**0.468**
Etano	32.3	48.16	0.203
Óxido nitroso	36.4	71.60	0.453
Hexafluoruro de azufre	45.6	37.11	0.734
Propileno	91.8	45.6	0.233
Propano	96.7	41.94	0.217
Amoníaco	132.4	111.3	0.235
Triclorofluorometano	198.0	43.5	0.554
n-Hexano	234.2	29.3	0.233
Isopropanol	235.2	47.02	0.273
Etanol	243.1	62.96	0.276
Tolueno	318.5	40.55	0.292
Agua	374.2	218.3	0.325

Cuadro 5.- Condiciones críticas de algunos disolventes comunes en la industria.

Mientras que la solubilidad de un compuesto en un disolvente líquido clásico depende de la temperatura, la solubilidad de un compuesto disuelto en un fluido supercrítico depende a la vez de la temperatura y de la presión, con la solubilidad y la presión variando en el mismo sentido (Mafar y Béliard, 1992). La presión es, entonces, un factor de selectividad de la extracción, de igual manera que la temperatura y la posibilidad de hacer variar la densidad en continuo de un fluido supercrítico de 300 a 900 kg / m^3 permite junto con la extracción fraccionada la separación fraccionada de solutos y disolventes (en el caso de dos o más disolventes). Cuando la presión es elevada (superior a 120 bar en el caso del CO_2 solubilizando naftalina), la solubilidad de un compuesto aumenta con la temperatura. Para presiones inferiores, la solubilidad de los compuestos decrece al aumentar la temperatura.

Como regla general, la solubilidad en un fluido supercrítico es netamente superior a aquélla en un gas licuado por debajo de su temperatura crítica. El dióxido de carbono no es una excepción y el CO_2 supercrítico es menos selectivo que el CO_2 líquido durante la extracción.

El poder disolvente del CO_2 supercrítico es mayor para compuestos menos polares y con masa molecular pequeña. De esta manera, son muy solubles los aromas, los terpenos y los lípidos debido a sus bajas polaridades. Otros compuestos que pueden ser medianamente solubles, a condición de que su masa molecular sea pequeña son: el agua, los ácidos grasos, alcoholes, cafeína, nicotina, colesterol, etc.

Aplicaciones

Si bien las aplicaciones industriales de la extracción con fluidos en estado supercrítico son limitadas, sus aplicaciones potenciales son numerosas y son actualmente el objeto de trabajos de investigación. Entre las aplicaciones "positivas" para las cuales el extracto constituye la fase noble, citemos la preparación de extractos de lúpulo, de sustancias aromáticas extraídas de especias, de café, de ciertas frutas, la separación de sustancias aromáticas a partir de biomasa. Las aplicaciones "negativas" tendientes a eliminar las sustancias indeseables como la cafeína del café o del té han suscitado un interés creciente ligado a la moda de alimentos "ligeros": empobrecimiento calórico por eliminación de grasas, eliminación del colesterol de la mantequilla y de productos del huevo, desalcoholización de cerveza y vino, etc. A nivel industrial, se encuentran por ejemplo algunas fábricas de extracción de lúpulo y de descafeinización en Alemania. En Francia, existe una plataforma de ensayo en Pierrelatte (CEA) y una fábrica productora de un cierto número de extractos en Grasse.

A pesar de estos pocos ejemplos de aplicación industrial, existen aún varias complicaciones que limitan el uso de la tecnología de extracción con fluidos en estado supercrítico: existen conocimientos limitados de ciertas propiedades de los fluidos supercríticos (intercambio de calor), el consumo energético y el reciclado del solvente no ha sido optimizado, existen riesgos de trabajo debido a las altas presiones, y la inversión en equipamiento es muy superior a las instalaciones de extracción con solventes clásicos. De tal manera que la extracción con fluidos supercríticos se justifica únicamente en productos de alto valor agregado y fabricado en cantidades suficientes para que las instalaciones se amorticen en un periodo razonable y para aquellos productos que se obtengan con una calidad superior respecto a otras calidades obtenidas por técnicas menos costosas.

Operación del sistema de extracción

Un equipo tradicional piloto de extracción está representado esquemáticamente en la Figura 11. La forma de operar se inicia pesando la materia prima molida hasta llenar un cilindro de tela metálico de acero inoxidable, previamente tarado. Se pesa y posteriormente se coloca dentro del recipiente de extracción.

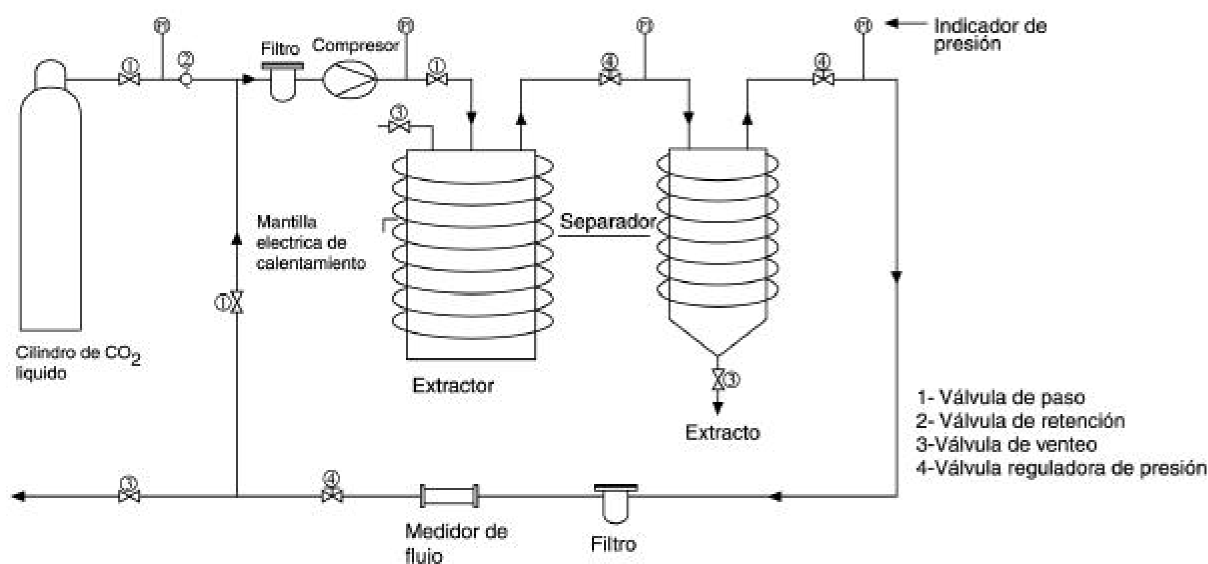


Figura 11.- Representación esquemática del extractor con CO_2 en estado supercrítico.

Una vez que el sistema de extracción ha sido correctamente cerrado, el CO_2 que proviene de un cilindro comercial pasa a través del compresor hacia el recipiente de extracción. La velocidad del flujo a través del recipiente de extracción se determina por la velocidad de la carrera del compresor, la cual es variable. La presión del recipiente de extracción y la presión del recipiente de separación se controla por sendos reguladores de presión; ambos reguladores de presión cuentan con calentadores para prevenir el congelamiento. Las temperaturas de ambos recipientes se regulan mediante sistemas de control de calentamiento independientes para cada recipiente. Cuando se alcanzan las condiciones deseadas de operación del sistema (presión y temperatura) en el recipiente de extracción, el extracto soluble en el CO_2 supercrítico se hace pasar al recipiente de separación que se lleva por debajo del punto crítico del CO_2, logrando de esta manera la separación entre soluto y disolvente. Finalmente, el CO_2 pasa a través de un indicador de velocidad de flujo y de un totalizador de flujo, y previa filtración puede ser nuevamente comprimido para ser usado en un segundo ciclo de extracción.

Elaboración de oleorresinas de especias y hierbas aromáticas

El término oleorresina se utiliza para designar a los exudados naturales ricos en aceites esenciales; sin embargo, es también utilizado para nombrar los extractos obtenidos mediante utilización de disolventes orgánicos en especies aromáticas, una vez que el disolvente ha sido removido completamente. Las oleorresinas de especies herbáceas contienen, además de los aceites esenciales, los aceites vegetales fijos, pigmentos, y algunos otros principios activos. La composición final es función del disolvente utilizado.

El proceso de obtención de oleorresinas en una simple etapa se muestra en la Figura 12:

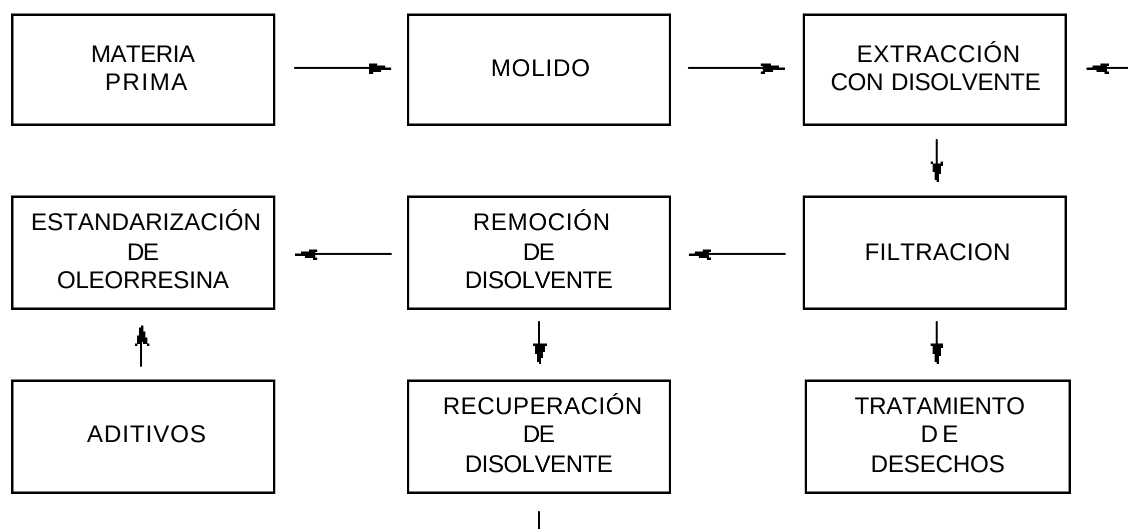


Figura 12.- Diagrama del proceso de obtención de oleorresinas en una simple etapa.

En primera instancia, la hierba o especia se muele para que la penetración del disolvente sea más rápida y completa. El tamaño de partícula y el tipo de equipo a utilizar son datos de especial importancia que requieren ser determinados experimentalmente.

Cualquier etapa de molienda previa provoca la pérdida de componentes volátiles. Es por ello que es conveniente evitar al máximo este detrimento de calidad. El uso de molinos criogéni-

cos es recomendado para asegurar la menor pérdida de volátiles en la muestra. Algunas sustancias criogénicas utilizadas son: el nitrógeno líquido y el CO_2 líquido.

Los procesos de extracción pueden ser de una sola etapa o de dos etapas. El proceso de extracción en dos etapas requiere del uso de un destilador con arrastre con vapor a fin de separar el aceite esencial antes de la extracción.

Los disolventes posibles de utilizar y la cantidad de disolvente residual permitido están regulados por las leyes de cada país, exigiéndose en general valores menores a las partes por millón. En los Estados Unidos de América, los disolventes permitidos a utilizar son: acetona, cloruro de metileno, hexano, alcohol isopropilico, alcohol metílico. Sin embargo, los solventes clorados cada vez tienen mayores restricciones para su uso.

En la extracción en una sola etapa, la oleorresina se extrae a partir de la especie utilizando el disolvente seleccionado. La mezcla se separa y el disolvente es cuidadosamente removido llevando consigo a la oleorresina. Sin embargo, en la extracción con doble etapa, la especie es inicialmente sometida a un proceso de destilación por arrastre con vapor a fin de extraer el aceite esencial contenido. Posteriormente, la materia residual se seca y se somete a una extracción semejante a la de una sola etapa. Una vez removido el disolvente (operación que requiere menor cuidado con respecto al de una sola etapa debido a que la muestra ya no contiene los volátiles), la porción no volátil de la oleorresina se combina con la porción volátil con el fin de formar un producto de características estandarizadas.

En ambos procesos, la extracción de la oleorresina sigue el mismo diagrama de flujo: La planta se coloca dentro de una canasta, molida hasta un tamaño de partícula que no permita la pérdida del material vegetal y la canasta se coloca en un vaso reactor con camisa de calentamiento. Se adiciona una cantidad conocida de disolvente que permita el lavado de los componentes vegetales y se permite la interacción de la materia prima con el disolvente durante cierto tiempo a una temperatura constante controlada. El proceso antes descrito puede ser llevado a cabo en sistema batch o en sistema continuo. La etapa de remoción del disolvente normalmente es llevada a cabo mediante destilación fraccionada a vacío. En un inicio, la evaporación es muy sencilla de realizar, sin embargo, a medida que el disolvente llega a una concentración cercana al 1% en la muestra, la presión de vacío debe incrementarse a fin de evitar el incremento de temperatura de ebullición. Así mismo, es conveniente bajar la velocidad de flujo de evaporación para incrementar la eficiencia de la destilación fraccionada. Normalmente, es imposible evitar la pérdida de volátiles junto con el disolvente removido, por lo cual es recomendable incorporar un segundo sistema de destilación fraccionada aplicable a ciertas fracciones a fin de separar compuestos volátiles de interés. La fracción ligera así recuperada deberá incorporarse nuevamente a la oleorresina obtenida. La estandarización, que involucra ya sea la incorporación de algún aceite esencial o incluso de algún aceite vegetal, es una etapa necesaria a realizar a fin de restaurar el perfil aromático original de la materia prima en la oleorresina. Cualquier adición de otros aditivos deberá ser declarada en la etiqueta del producto. Debido a que las oleorresinas son líquidos muy viscosos, la adición de estos aditivos tiene el fin de bajar la viscosidad. El mezclado normalmente se efectúa mediante la utilización de un molino coloidal, un agitador con alto esfuerzo de corte o un homogeneizador.

Conclusiones

Basándose en los procesos extractivos que han sido descriptos en forma muy general en el presente trabajo y que actualmente se aplican para la obtención de aceites esenciales, queremos señalar que solamente hemos tomado en consideración aquellos procesos en los cuales las farmacopeas y las normas internacionales reconocen como un aceite esencial de origen 100% natural.

Además que la implementación de esta gama de alternativas de procesos es factible de aplicarse en la pequeña y mediana industria de los países en vías de desarrollo.

Cabe mencionar sin embargo que actualmente se desarrollan a escala mundial nuevas tecnologías de extracción en el ámbito experimental tales como: extracción con solventes presurizados, pervaporación, sistemas de expansión flash, extrusión, etc. Sin embargo estas nuevas técnicas aún se encuentran en la fase de ser aprobadas y reconocidas oficialmente por los comités internacionales que legislan estos tipos de productos para su consumo en la industria alimenticia, químico farmacéutica y de perfumería.

Capitulo X

Aspectos básicos del diseño de un equipo industrial para la extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor

Introducción

El diseño de equipos de proceso es un factor importante en la funcionalidad de una planta industrial, es aquí donde se pueden visualizar requerimientos de materiales, accesorios, servicios públicos y personal, necesarios para el mejor aprovechamiento de los recursos. El diseño de equipos por lo tanto, requiere del conocimiento de los procesos industriales, los materiales involucrados y los métodos de fabricación. "No hay una cosa que pueda considerarse como un diseño perfecto y permanente, debido a la posibilidad de encontrar materiales nuevos o más baratos para la construcción y debido al cambio de especificaciones técnicas o económicas bajo las cuales se diseñó el equipo original. Es necesario que el diseño sea técnicamente seguro, económicamente próximo al óptimo, y que ofrezca las condiciones aceptadas para la seguridad del personal" (Foust y col., 1985).

En lo que respecta a equipos de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, es necesario involucrarse en experimentaciones realizadas a nivel de laboratorio y de planta piloto, esto permite conocer y determinar las variables de proceso que se deben controlar en una extracción de este tipo y que deben a su vez tomarse en cuenta para diseñar los equipos, de tal forma que sean los más adecuados a dicho proceso, buscando el menor costo de fabricación y la mejor calidad de producto. Realizar experimentaciones en una escala reducida (laboratorio y piloto) es una táctica que nos permite estimar con eficiencia el proceso a un nivel industrial. Por esto se logra obtener el desarrollo de un proceso a escala industrial con costos relativamente bajos, comparados con el desarrollo de las experimentaciones a un nivel industrial.

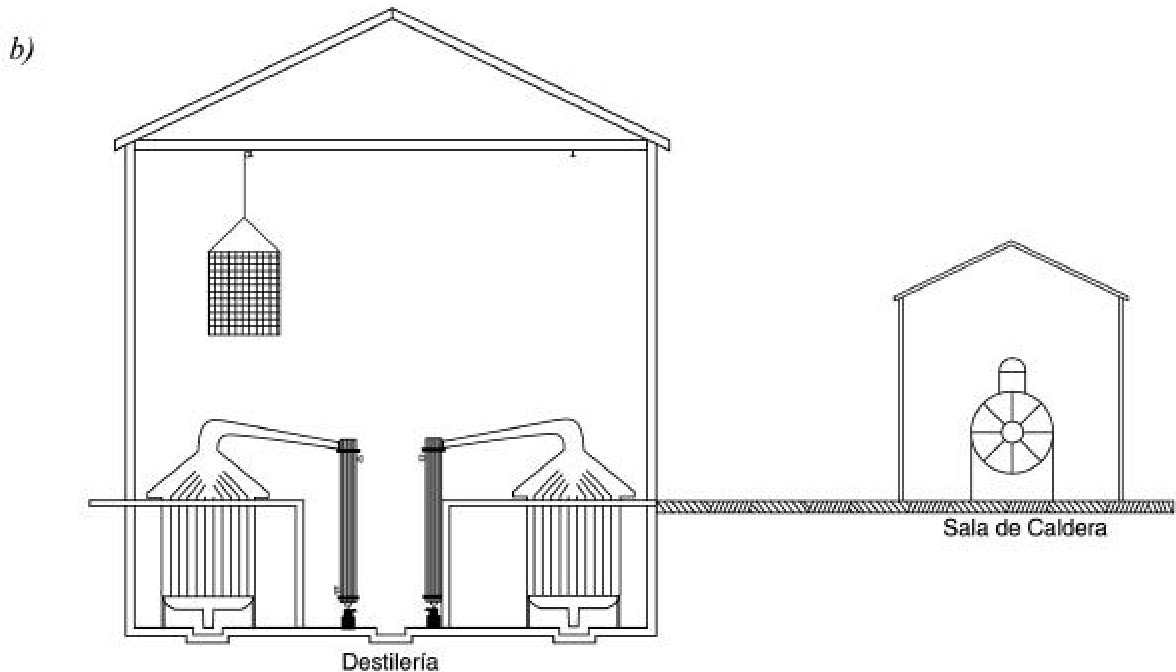
El proceso de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, es uno de los métodos de extracción utilizados con mayor frecuencia, para obtener los principales componentes aromáticos de un material vegetal de interés, así como algunos de sus principios activos.

Los dos primeros factores a considerar para la construcción de una planta de destilación serán su ubicación y el tamaño de las instalaciones. En cuanto a la ubicación, deberá considerarse que el movimiento de la biomasa a destilar influye singularmente en el presupuesto del proceso, debido a que normalmente deben desplazarse grandes volúmenes de material en un breve lapso de tiempo. Además, normalmente el producto debe ser destilado inmediatamente después de ser oreado. Por estos motivos, y ante la imposibilidad de construir un sistema de destilación móvil (puede ser móvil todo el sistema, instalado sobre un vehículo, o parcialmente móvil: donde lo que se moviliza es solamente el extractor (Lawrence, 1979), las instalaciones deberán construirse lo más cerca posible de las fuentes del material vegetal. Esto sin embargo no siempre es la mejor alternativa, porque otro factor a tener en cuenta es la provisión de los dos insumos imprescindi-

bles: combustible y agua. La disponibilidad de una línea de gas, o de suficiente leña, y especialmente la obtención de agua en calidad y cantidad necesarias pueden ser factores decisivos para fijar el lugar de emplazamiento. Finalmente, y no menos importante, puede ser la infraestructura edilicia existente o el acceso a caminos o a los centros de comercialización. En función del diseño del destilador a construirse, también se justifica elegir un terreno con cierta elevación, para facilitar la carga y descarga de los extractores, que en estos casos se construyen bajo nivel.

Para definir el tamaño a construir deben evaluarse distintas alternativas que surjan de un compromiso entre la necesidad de procesar lo más rápido posible todo el material vegetal disponible en una cosecha, y los costos de construcción. En forma general, se puede decir que un destilador de 3 a 6 m^3 es apropiado para destilar la biomasa de un cultivo de unas 25 a 100 ha. Para cultivos mayores a las 100 ha, son necesarios extractores de unos 10 m^3. Para determinar el volumen requerido de extractor resulta muy valioso evaluar la densidad aparente del material vegetal que se va a destilar, que se puede estimar midiendo el peso de material que ocupa un volumen determinado. Este valor suele ser de 0,2 kg/litro para hojas. Siempre será mejor disponer de varios destiladores a tener uno solo con una misma capacidad de carga, y lo más común es trabajar con dos, para alternar entre ellos los procesos de carga o descarga con el de destilación mismo. Aunque no son comunes, cuando la escala de trabajo es tan grande que lo justifica, pueden construirse destiladores continuos. Si la planta a construir va a ser usada para distintos materiales vegetales, puede ser razonable construir equipos de distinta capacidad.





Figuras 1a y 1b. Esquema de una planta de destilación.

En segundo lugar habrá que pensar en una serie de construcciones o instalaciones accesorias al destilador mismo, como son la sala de caldera, depósitos de materiales, del material vegetal a procesar o procesado, y del producto terminado, depósitos de agua, torre de enfriamiento, balanzas o básculas, accesos para la descarga del material vegetal, aparejos para la carga y descarga de los extractores, techados, sistemas de seguridad contra incendio, laboratorios u oficinas, etc.

El siguiente componente es la elección de los materiales de construcción del destilador. Debe tenerse en cuenta que la mejor opción es el acero inoxidable calidad 304, fundamentalmente en todas las partes del equipo que estén en contacto directo con la esencia ya extraída, desde la parte superior del extractor mismo, hasta el frasco florentino o separador de fases. Aunque en muchos casos se han usado para la construcción del cuerpo del extractor el hierro negro, la chapa galvanizada o el cobre por ser más económicos o más fácil de utilizar, se debe tener presente que estos materiales pueden atacar fácilmente a las esencias, oxidándolas, coloreándolas, o favoreciendo su polimerización o degradación química.

Los sistemas de carga y descarga del material vegetal pueden ser manuales o mecánicos. Si la escala de trabajo lo permite, uno o varios operarios pueden realizar esta operación con horquillas. Sin embargo debe considerarse que para una destilación de 2 horas de frutos de Umbelíferas (coriandro o hinojo por ejemplo) en un equipo de 5.000 litros, se ha estimado que se consumen 12 hs para carga y descarga. Cuando el diseño lo permite, suele ser muy apropiado tener la boca del extractor a nivel del piso para facilitar la operación de carga, el empleo de un plano inclinado o de camiones y vehículos volcadores agilizarán el trabajo. Otro mecanismo que facilita mucho el proceso es utilizar canastos construidos en acero inoxidable, los que pueden ser cargados fuera de los extractores, mientras el destilador está trabajando. En el caso de algunos destiladores móviles, el material vegetal es cargado en el campo dentro del extractor mismo, y éste es luego llevado a las instalaciones centrales, donde es conectado a cañerías y cuellos de cisne móviles para iniciar la destilación. Una vez agotado el material, se desconecta el extractor para iniciar un nuevo proceso con un segundo extractor. El que contiene el material agotado es llevado

a otro lugar donde se vuelca el contenido, y queda listo para buscar una nueva carga de planta.

Para facilitar la descarga del material agotado una vez que se concluyó con el ciclo de destilación, y siempre que no se trabaje con canastos dentro del extractor, el contrapiso o grilla del fondo del extractor puede sujetarse mediante cadenas a un aparejo externo, colocado sobre el cuello de cisne del destilador. Elevando este falso fondo y retirándolo del extractor, se quita todo el material vegetal agotado, en forma de una “torta” o “marco”. Otro diseño que facilita la descarga del extractor (muy usado en instalaciones de tamaño reducido o mediano) consiste en soportar a éste sobre dos pies que poseen un sistema de pivotes basculantes, permitiendo así rotar al mismo y volcar su contenido.

Cuando se trabaja con ciertos aceites esenciales que pueden provocar problemas dermatológicos (dermatitis o alergias) es conveniente tener cuidado en la etapa de descarga con los vapores que emanan de la torta, usando equipos de protección personal: gafas de seguridad, guantes, pecheras, etc. (Méry y col. 1967)

La cantidad de material a cargar en el extractor debe evaluarse con ensayos en escala piloto. No es válido dar una norma general, porque cada producto tiene sus particularidades. Sí debe tenerse en cuenta que como máximo el extractor suele cargarse hasta un 80% de su capacidad total, pues el material vegetal aumenta su volumen en forma considerable por absorción de agua.

Pero también son factores trascendentes el grado de compactación que puede tener el material (si se compacta demasiado, se favorece la formación de vías por donde fluye el vapor y no se agota bien todo el material; si la compactación es deficitaria, se inutiliza la capacidad del destilador), su contenido en humedad, su dureza (no es lo mismo destilar flores que raíces), la homogeneidad de tamaño y de densidad de sus partes (caso de cargar flores y hojas con tallos, por ejemplo), etc. Cuando un material a extraer tiende a compactarse demasiado (como en el caso de flores o frutos con alto contenido de aceites) puede ser conveniente construir dentro del extractor algún sistema separador (bandejas perforadas a distintas alturas por ejemplo) o emplear un sistema de agitación, cuya velocidad deberá controlarse experimentalmente para conseguir la mayor eficiencia de trabajo.

Para facilitar el proceso extractivo, pueden ser necesarios la molturación o molienda previa del material, o el uso de un agitador dentro del extractor (por ejemplo cuando se procesan pequeños frutos o flores). Si el material a destilar es muy liviano y puede ser proyectado por la corriente de vapor, es conveniente colocar una malla metálica en la parte superior del extractor, cubriendo la boca del cuello de cisne.

En cuanto a los dos insumos citados: el combustible y el agua, merecen estudiarse por separado. Los combustibles más comunes son la leña, fracciones de petróleo (fuesel oil, diesel oil, etc.) o el gas. La elección dependerá fundamentalmente de la disponibilidad de los mismos y de su costo circunstancial, aunque también conviene evaluar el poder calorífico de las distintas alternativas, es decir su eficiencia como generadora de calor. El uso de leña permite utilizar el descarte del material agotado en la misma destilación, debidamente secado, lo que elimina un problema de contaminación a veces crucial.

Con respecto al agua, no solamente debe estudiarse su disponibilidad cuantitativa (tanto para la generación de vapor como para el proceso de condensación), sino su calidad. Como valor estimativo promedio debe calcularse una necesidad de 500 kg/hr de vapor para un destilador de 5.000 litros, debiendo calcularse el valor final en función de las horas necesarias para realizar todo el proceso en cada destilador de la planta, más el tiempo necesario para lograr el régimen óptimo de trabajo.

Si en el lugar el agua es demasiado dura (alto contenido de sales de calcio y magnesio o silicatos disueltos), puede perjudicar al condensador, provocando la deposición de residuo en sus tuberías. En estos casos se hace necesaria tratarla previamente para eliminar todos los componentes perjudiciales como son materias sólidas en suspensión (por filtros por gravedad con capas de arena o por floculación con productos como el sulfato de aluminio o de hierro), las sales ya citadas

(con resinas de intercambio iónico o agregado de ciertas sales como fosfato sódico o carbonato bárico o soda cáustica) e incluso los gases disueltos como el oxígeno y los gases de combustión de la propia caldera (precalentando el agua), que ocasionan serios problemas de corrosión.

También es importante conocer la temperatura del agua, en el caso de que sea usada para la condensación de la esencia. El agua de enfriamiento del condensador, puede ser recuperada y reciclada, pero para ello es necesario disponer de una torre de enfriamiento. En cuanto al agua que se condensa y separa de la esencia, normalmente queda cargada con parte de la esencia disuelta. Si esta porción aromática es importante desde el punto de vista comercial, puede reprocesarse para recuperar parte de lo disuelto. Para ello se pueden usar dos alternativas: recargarla en el destilador para que sea nuevamente extraída (proceso llamado de cohobación), o se la satura con sal, para facilitar la separación de la parte oleosa. De todas maneras esta porción de agua siempre queda con restos de esencia, y debiera evaluarse la posibilidad de ser tratada antes de volcarse a las cloacas o cursos naturales.

Las variables más críticas que deben ajustarse para optimizar el proceso de extracción son la presión y el tipo de vapor usados (saturado o sobrecalentado), el tiempo de extracción, el grado de compactación del material, y la temperatura de condensación empleada. En algunos casos también es importante definir programas de trabajo durante el proceso mismo, como pueden ser modificaciones de la presión de trabajo o la temperatura de condensación entre su valor al inicio del proceso y al final del mismo. El factor más importante de toda esta metodología es alcanzar una normalización de todo el procedimiento, de manera de conseguir siempre las mismas condiciones para obtener los mismos resultados.

Componentes principales de un equipo de extracción de aceites esenciales mediante arratre con vapor

Un equipo tradicional de extracción de aceites esenciales se muestra en la figura.2:

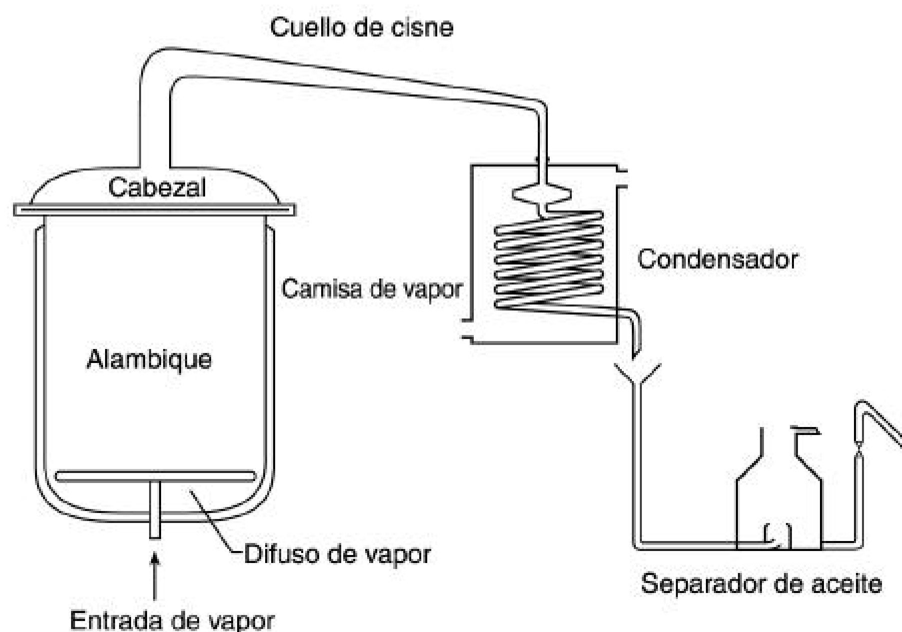


Figura 2.- Principales componentes de un equipo de extracción mediante arrastre con vapor.

Extractor

Es el componente principal de un equipo de extracción mediante arrastre con vapor (Figura 3). Es aquí donde se realiza la extracción del aceite. Las condiciones a las que se opere el extractor (presión, temperatura, flujo de vapor, altura del lecho de material vegetal, etc.) son muy importantes para realizar una extracción adecuada.

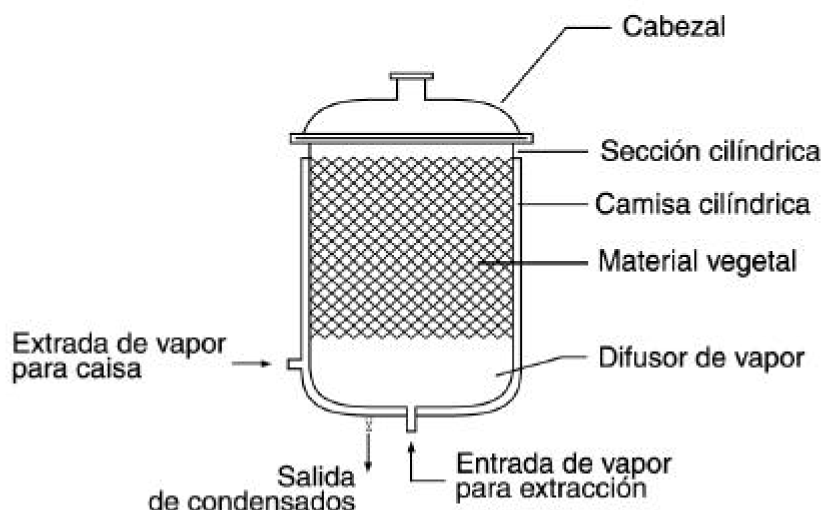


Figura 3. - Esquema de un extractor tradicional.

Cuello de cisne

El cuello de cisne (Figura 4) es el conducto que comunica la tapa del extractor con el condensador. Por dentro del cuello de cisne circula la mezcla de vapor de agua y aceite esencial. Los factores más importantes a considerar para su construcción son su forma y sus dimensiones, y éstos deben diseñarse de manera de reducir al mínimo las posibilidades de condensación de vapores dentro del extractor mismo, evitando un indeseable reflujo y permitiendo su rápida transferencia hacia el condensador del sistema.

Pueden fabricarse con diseño "cónico" y en ocasiones con diseño "recto". El cuello de cisne debe de ser fácilmente desmontable, por lo que de preferencia se utilizan sistemas de juntas "rápidas" (p. ej. juntas *clamp* o charnelas) y sobre todo teniendo en cuenta que cada vez que se cargue o descargue el extractor con material vegetal debe desconectarse el cuello de cisne del condensador y en ocasiones de la misma tapa del extractor. Es preferente utilizar en las juntas del cuello de cisne empaques de teflón que permiten un buen sellado, además de ser inertes ante los vapores de agua y de aceite esencial.

En muchos destiladores de campaña actualmente en uso, se sigue empleando el sistema de cierre con sello de agua, donde la tapa del extractor está directamente apoyada sobre éste, y su borde encaja dentro de una canaleta construida en el borde del extractor, que se llena con agua o con una mezcla de tierra o masilla y agua. Aunque este sistema es muy precario (solamente el peso de la tapa mantiene cerrado el sistema), agiliza y simplifica mucho el proceso de descarga, pues solamente es necesario elevar la tapa con el cuello de cisne del extractor para retirar el material agotado. Lógicamente no permite trabajar a presiones altas.

En cuanto a las dimensiones, debe tenerse en cuenta que el flujo de vapor que sale del extractor está estimado idealmente en unos 20 m/seg, y que el cuello de cisne no debe interrumpir este flu-

jo o actuar como “tapón” de los vapores que lo atraviesan.

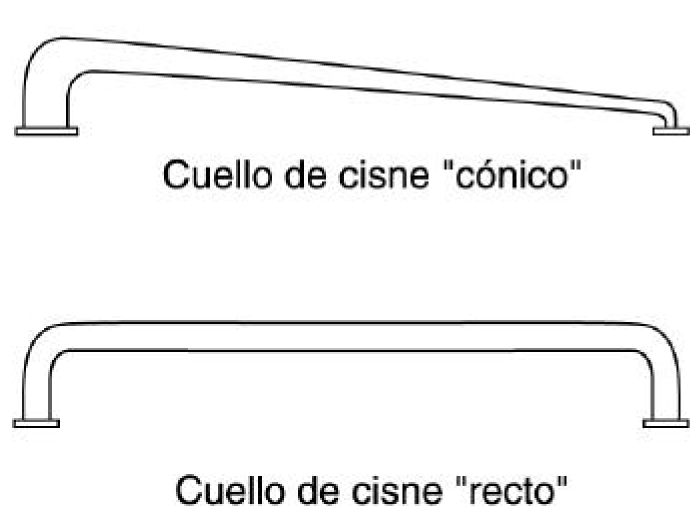


Figura 4. - Cuellos de cisne utilizados en equipos de extracción.

Condensador

Para la condensación de vapores se pueden utilizar varios tipos de condensadores, para los cuales es necesario considerar los espacios disponibles en el lugar de instalación del equipo de extracción, así como la posición de los separadores de aceite.

Uno de los condensadores utilizados es el que consta de serpentín y cámara de expansión (Figura 5). En este tipo de condensador se alimenta la mezcla de vapores a una cámara de expansión donde se obtiene la mayor parte de los condensados. Estos van descendiendo a la parte baja del condensador.

Es conveniente fabricar las espiras del serpentín con menores diámetros a medida que se alejan del cuello de cisne. Esto se aconseja para evitar un taponamiento en la primera porción de la cañería, y también para optimizar la transferencia de calor en las últimas porciones del serpentín, dado que allí el condensado ya es un líquido, por lo que conviene que ocupe la mayor parte del tubo. Lo más usual es dividir el largo del serpentín en tres tramos de diámetros cada vez menores.

El serpentín y la cámara de expansión se colocan dentro de un tanque de contención de agua de enfriamiento, la cual deberá estar circulando para aumentar el coeficiente de transferencia de calor. El agua fría que se utiliza para la condensación se alimenta en la parte inferior del tanque de contención y se descarga por la parte superior del mismo. Se debe tener cuidado, ya que tanto el serpentín como la cámara de expansión deben permanecer constantemente sumergidos en el agua de enfriamiento.

Con el fin de no hacer un gasto excesivo de agua, se recomienda utilizar una torre de enfriamiento para recircular la misma.

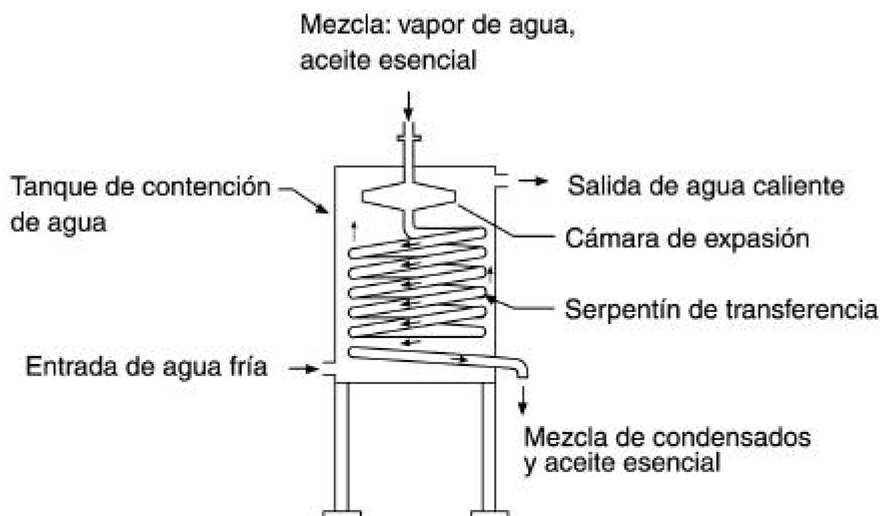


Figura 5.-Condensador de serpentín y cámara de expansión.

Otro condensador utilizado es el de carcaza y tubos, que si bien es térmicamente más eficiente que el diseño anterior, también es más costosa su fabricación (Figura 6). Otra ventaja que presentan es que son más seguros, en el sentido de que si por algún motivo se taponan (por sobresalto del material vegetal en el extractor, o por condensación de productos sólidos presentes en gran proporción en algunas esencias: mentol, alcanfor o borneol por ejemplo) el vapor tiene otras salidas alternativas que hacen que no se genere una sobrepresión excesiva en el extractor.

En este modelo suele alimentarse la mezcla de vapores por dentro de los tubos y el agua de enfriamiento circulante por el exterior de los mismos, realizando de este modo la transferencia de calor. Sin embargo, se ha demostrado (Gokhale, 1980) que es mejor usar el sistema inverso, es decir hacer circular el agua de enfriamiento por dentro de las tubuladuras, y los condensados por dentro de la carcaza. La ventaja de esta modificación es que regulando la velocidad de flujo del líquido refrigerante, se puede controlar mucho mejor la temperatura de salida de los condensados que con respecto al sistema tradicional, dentro del rango de 24 a 63,5 $kg/m^2/hr$ de condensación.

Por lo general estos condensadores se ubican inclinados o en forma vertical, con el fin de facilitar la descarga de los condensados. Se pueden trabajar los flujos de agua y vapores en contracorriente o en paralelo (líquido refrigerante y condensados con el mismo sentido de circulación), lo cual nos permite obtener condensados a diferentes temperaturas y de este modo evaluar cuál es el que nos ofrece mejores resultados.

Las necesidades promedio de condensación de vapores en una destilación de esencias son estimadas entre los 25 y los 50 $kg/m^2/hr$ (Gokhale, 1980).

Debe tenerse en cuenta que en muchos casos es importante disponer de un sistema de regulación del flujo de agua refrigerante, porque algunas esencias necesitan una temperatura superior a la del ambiente para separarse totalmente del agua. También es importante esto en los casos donde es posible una solidificación del material a temperatura ambiente (caso del mentol en la menta japonesa, o de esencias semisólidas como la de palo santo: *Bulnesia sarmientoi*).

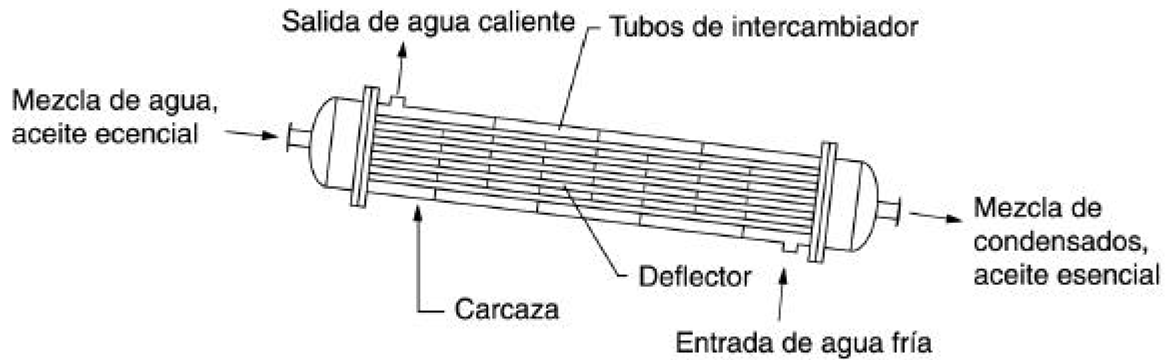


Figura 6.- Condensador de tubos y carcaza.

Separadores de aceite esencial

Los separadores de aceite esencial, llamados también *frascos florentinos*, son aquellos dispositivos destinados a realizar la separación de un aceite esencial del vapor de agua condensado que se utilizó para la extracción del mismo del material vegetal. Debido a las características propias de los aceites esenciales, podemos dividirlos para su separación en dos grandes grupos, "aceites esenciales pesados" y "aceites esenciales ligeros". Esta división se basa en que los aceites esenciales tienen una densidad muy cercana a la del agua, denominándose "aceites esenciales pesados" a aquellos aceites esenciales cuya densidad es mayor a la densidad del agua y por consiguiente se depositan en la parte inferior del separador. Por lo contrario, los "aceites esenciales ligeros" son aquellos aceites esenciales que tienen una densidad menor a la densidad del agua y que por lo tanto se acumulan en la superficie de la misma.

Se sabe que también influye la temperatura a la que se realiza la separación. Con el incremento de la temperatura, la densidad de los aceites decrece más rápidamente que la densidad del agua. Así, en los "aceites esenciales ligeros", la diferencia entre densidades se hace mayor con el incremento de la temperatura y esto permite que se separen con facilidad.

Esta característica de asentarse en el fondo del separador y la de flotar en la superficie del agua nos facilita la separación del aceite esencial. Existe una gama extensa de separadores de aceite esencial, lo cual permite seleccionar el adecuado para nuestro caso particular (Figura 7).

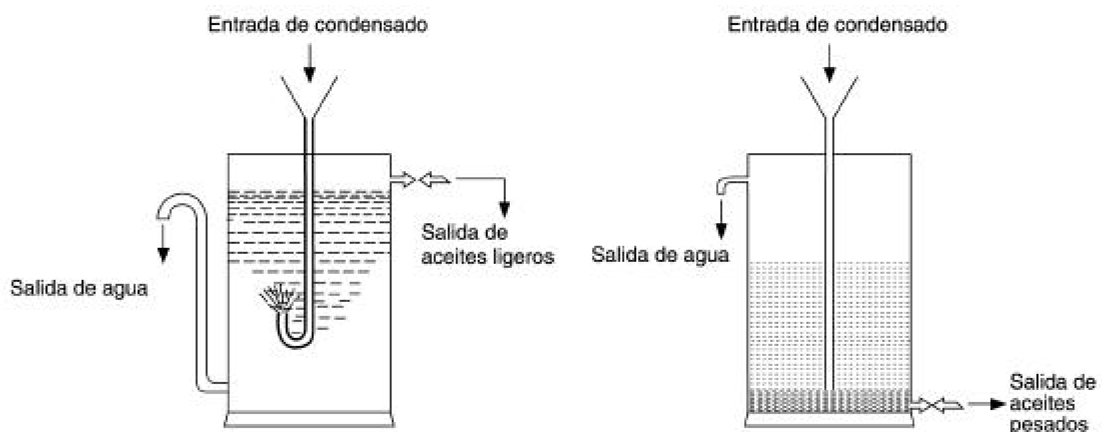


Figura 7.- Separadores de aceites esenciales y condensados.

Cuando la velocidad del condensado es demasiada alta como para dar tiempo a una buena separación de la esencia, o cuando hay demasiada turbulencia en la caída del líquido condensado, se suelen emplear más de un frasco separador, colocados en serie, para lograr una mayor eficiencia.

Generador de vapor

El generador de vapor es el equipo auxiliar que provee de vapor de agua al equipo de extracción.

Un generador de vapor se puede definir como "una serie de dispositivos que aprovechando el poder calorífico de un combustible producen vapor".

Se llama superficie de calefacción a la superficie de metal que está en contacto al mismo tiempo con los gases de combustión y con el agua o vapor, es decir, toda superficie de una caldera que está en contacto por un lado con el agua y por el otro está expuesta al fuego o a la corriente de los gases de la combustión.

La capacidad de un generador de vapor se expresa en Caballos Caldera (CC), y para definir este término, se dice que un generador de vapor tiene una capacidad de un caballo caldera, cuando es capaz de producir 15,65 kg/hr de vapor saturado a 100ºC, utilizando agua de alimentación a la misma temperatura. Para calderas de gran tamaño también se puede expresar la capacidad en kg/hr de vapor a Kcal/hr del vapor.

Determinación de las características de los componentes

Para el diseño de los componentes se pueden utilizar los métodos de calculo del Código ASME. (Brownell y col., 1959).

Diseño del extractor

Las principales variables que se deben de tomar en cuenta para el diseño del extractor son:

- *Presión de diseño*.- Es la presión a la que se va a realizar la determinación de los espesores de los componentes del extractor. Generalmente debe ser mayor a la presión de operación determinada en las pruebas preliminares y se miden en lb/pg^2.
- *Volumen del extractor*.- Es el volumen total de la sección cilíndrica.
- *Volumen utilizable*.- Por lo general se toma como el ochenta por ciento del volumen del extractor.

Volumen utilizable= 0,8 . volumen del extractor

Sección cilíndrica

Para el cálculo de la sección cilíndrica se utilizan los métodos tradicionales, como se detallan en la figura 8:

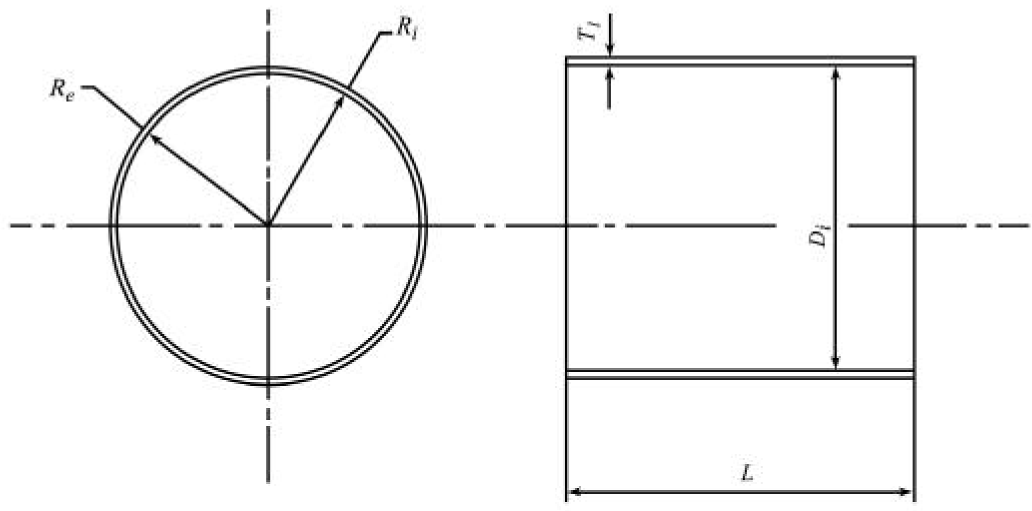


Figura 8.- Variables utilizadas en el calculo de espesores de la sección cilíndrica.

CALCULO DEL ESPESOR:

El espesor calculado (t_1, en pulgadas o en milímetros) deberá ajustarse al espesor comercial inmediato superior.

$$t_1 = \frac{p \cdot r_1}{f \cdot E - 0,6 \cdot p} + c$$

VOLUMEN

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot L}{4} = 0,7854 \cdot D_i^2 \cdot L$$

RADIO EXTERIOR:

$$r_e = r_i + t_1$$

NOMENCLATURA:

t_1 Espesor de la sección cilíndrica, en pulgadas o mm
p Presión interior de diseño, lb/pg^2 o kg/mm^2
r_i Radio interior de la cubierta cilíndrica, en pulgadas o mm
r_e Radio exterior de la cubierta cilíndrica, en pulgadas o mm
f Resistencia a los esfuerzos de tracción del material de construcción, lb/pg^2 o kg/mm^2
E Eficiencia de la junta por soldadura, %
c Factor global de corrosión, en pulgadas o mm
D_i Diámetro interno de la cubierta cilíndrica, en pies o m
L Longitud de la cubierta, en pies o m

Estas tres ecuaciones pueden aplicarse utilizando las unidades del Sistema Métrico Internacional.

Cabezales

Los cabezales o tapas del extractor pueden ser toriesféricos o cónicos, el calculo de sus espesores se detallan a continuación:

CABEZAL TORIESFERICO:

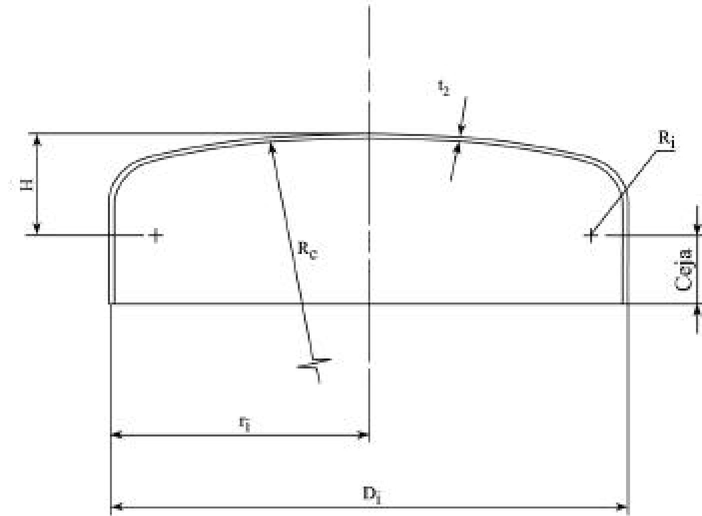


Figura 9. - Variables utilizadas en el calculo de espesores de un cabezal toriesferico.

CALCULO DEL ESPESOR DEL CABEZAL TORIESFERICO:

$$t_2 = \frac{0,855 \cdot p \cdot R_c}{f \cdot E - 0,1 \cdot P} + c \text{ (en pulgadas o mm)}$$

VOLUMEN:

$$V_2 = 0,0809 \,.\, D_i^3$$

RADIO DEL ARCO DE UNION:

$$R_i = 0,06 \,.\, D_i \geq 3t_2$$

NOMENCLATURA:

t_2 Espesor del cabezal, en pulgadas o mm
p Presión interior de diseño, lb/pg^2 o kg/mm^2
R_c Radio de curvatura de la porción esférica, en pulgadas o mm
R_i Radio del arco de unión, en pulgadas o mm
f Resistencia a los esfuerzos de tracción del material de construcción, lb/pg^2 o kg/mm^2
E Eficiencia de la junta por soldadura, %
c Factor global de corrosión, en pulgadas o mm
D_i Diámetro del cabezal , en pies o metros
H Altura de líquido, en pies o metros
V Volumen, en $pies^3$ o m^3

Diámetro del cabezal (pulgadas)	**Radio de curvatura (R_c) (pulgadas)**
12	12
14	14
16	16
18	18
20	20
22	22
24	24
26	26
28	28
30	30
32	32
34	34
36	36
38	38
40	40
42	42
48	48
54	54
60	60

VARIACIÓN DE LOS DIAMETROS ESTÁNDARES DE CABEZALES TORIESFÉRICOS:

RANGO	**VARIACION**
de 12” a 42”	2”
de 42” a 144”	6”
de 144” a 240”	12”

CABEZAL CÓNICO:

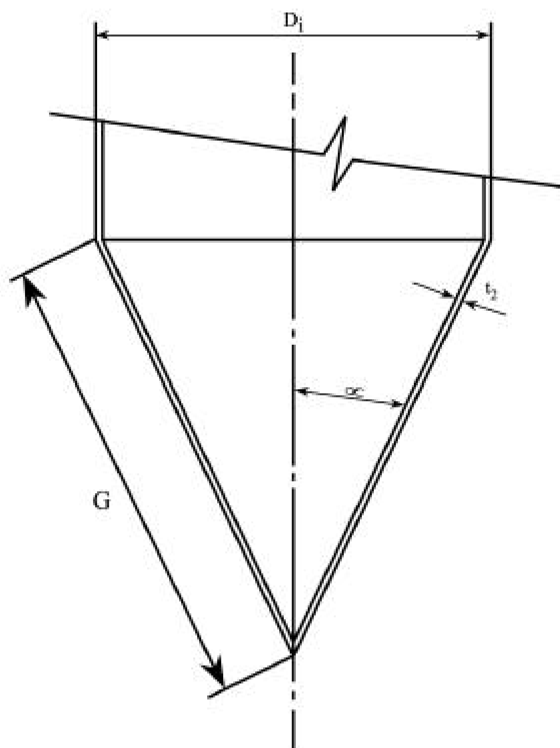


Figura 10. - Esquema de un cabezal cónico.

CONICIDAD LIMITE:

$$a = \frac{\text{conicidad}}{2} < 30^o$$

ESPESOR:

$$t_2 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cos \alpha \, (f \cdot E - 0{,}6 \cdot p)} + c$$

t_2 en pulgadas

VOLUMEN:

$$V_2 = 0{,}1309 \cdot D^3 \cdot \text{tg}\, \alpha$$

NOMENCLATURA:

t_2 Espesor del cabezal, en pulgadas o mm
p Presión interior de diseño, lb/pg^2 o kg/mm^2
D_i Diámetro interno del cabezal, en pulgadas o mm
f Resistencia a los esfuerzos de tracción del material de construcción, lb/pg^2 o kg/mm^2
E Eficiencia de la junta por soldadura, %
c Factor global de corrosión, en pulgadas o mm

Camisa de vapor

La camisa de vapor consta de una sección cilíndrica y en ocasiones se utiliza un cabezal toriesférico.

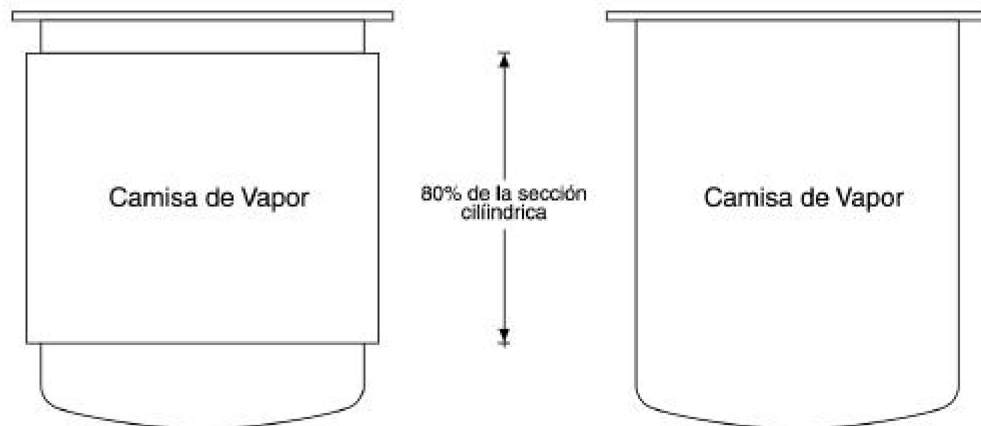


Figura 11. - Camisas de vapor utilizadas.

La principal función que tiene la camisa de vapor es la de mantener una temperatura dentro del extractor, con la cual se pretende evitar la condensación del vapor de extracción.

La altura de la camisa de vapor debe ser de por lo menos el 80% de la altura de la sección cilíndrica, para obtener un área de calentamiento en el total de la altura de la cama de material vegetal.

El espacio anular entre el diámetro exterior de la camisa de vapor y el diámetro exterior del cuerpo del extractor debe ser de por lo menos de 1,5 pulgadas (38,1 mm), esto es con la finalidad de asegurar que exista una cantidad de vapor suficiente que evite la condensación interna del vapor que se esta utilizando para la extracción.

La camisa de vapor debe contar con una salida de condensados en la parte inferior de la misma, a la cual debe instalarse una trampa de vapor termodinámica, esto con el fin de que se desaloje el condensado y se mantenga la presión del vapor en la camisa.

Para realizar el cálculo de los espesores de la sección cilíndrica y del cabezal se utilizan las misma fórmulas y consideraciones que las utilizadas en el cálculo del cuerpo del extractor.

Por lo general la camisa de vapor se trabaja a la misma presión o incluso menor que la presión con la que se esta realizando la extracción.

Difusor de vapor

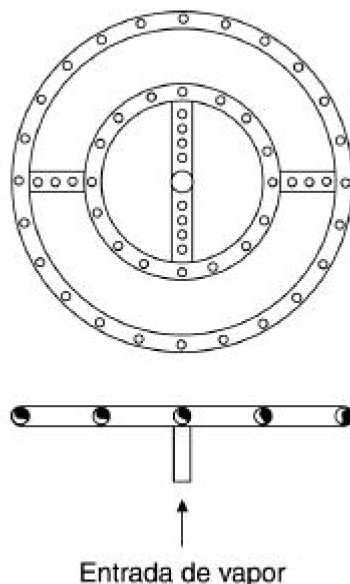


Figura 12. - Difusor de vapor.

El número de perforaciones se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{N° de perforaciones} = \frac{\text{Area interna del tubo}}{\text{Area de la perforación}}$$

$$\text{N° de perforaciones} = \frac{\pi \cdot r^2_{\text{tubo}}}{\pi \cdot r^2_{\text{perforación}}} - \frac{r^2_{\text{tubo}}}{r^2_{\text{perforación}}}$$

El número de perforaciones se determina de acuerdo a la tubería de alimentación de vapor. Lo que se busca aquí es que el área total de las perforaciones por donde va a salir el vapor sea por lo menos el equivalente al área de la tubería. En cuanto al diámetro de las perforaciones, deberá ser cada vez mayor cuanto más alejadas estén de la entrada de vapor, y no deberá sobrepasar una vez y medio el diámetro del tubo donde está construida (García, 1953).

El difusor de vapor se instala un poco por encima del piso del extractor, para que no esté en contacto con el condensado que suele generarse durante el proceso de extracción, y tapone sus perforaciones.

Existen muchos diseños de difusores, siendo los más comunes el uso de uno o dos anillos concéntricos al extractor, un espiral, en forma de cruz o la combinación de algunos de estos diseños.

Diseño del cuello de cisne

En el caso del cuello de cisne tipo cónico, se puede realizar el cálculo como el de un cabezal cónico. En el caso del cuello de cisne tipo recto, se puede calcular como una sección cilíndrica y, de acuerdo al resultado, se ajusta a un tubo comercial que sea equivalente al calculado.

El tubo de salida del cuello (el que se conecta con el condensador) normalmente se construye con un diámetro de 100 a 150 mm, para un destilador común de unos 1.000 a 3.000 litros de capacidad. Es preferible que posea una inclinación para que no quede en su interior condensados o éstos retornen al extractor.

Diseño del condensador

El área de condensación debe ser equivalente al área de transferencia de calor (evaporación). En el caso de un intercambiador de cámara de expansión y serpentín, la suma de las áreas de transferencia de éstos debe ser equivalente al área de transferencia. Ya se explicaron anteriormente los distintos tipos de condensadores y las ventajas de cada uno de ellos.

El área de transferencia de calor puede calcularse, a través de la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{log}}$$

siendo:

A — Area de transferencia de calor en m^2, equivalente a la superficie externa total del serpentín o a la superficie interna total de los tubos, en el caso de condensadores multitubulares.

Q — Cantidad de calor liberada por la mezcla vapor/aceite esencial durante la condensación de la misma y posterior enfriamiento, dentro del condensador.

U — Coeficiente integral de transferencia de calor, en Kcal/hr/m^2 .°C

ΔT_{log} — Diferencia media logarítmica entre las temperaturas de entrada y salida del agua y las temperaturas de entrada del vapor y salida de condensado, en el condensador.

En general son necesarios 2 m^2 de superficie para condensar 100 kg de vapor en una hora, pero en la práctica se calculan valores 3 a 5 veces superiores para asegurarse una buena eficiencia (García, 1953).

Diseño del separador de aceite

Para el diseño de los separadores de aceite, se necesitan determinar los tiempos de residencia en que el aceite esencial puede alcanzar el fondo o flotar en el agua. De acuerdo al tiempo de residencia que se determinó y el flujo de condensados que se maneja puede calcularse el volumen del separador de aceites.

Ejemplo: Si en pruebas experimentales se obtuvo un tiempo de residencia de 12 minutos y un flujo de condensados de 800 mililitros por minuto, se calcula el volumen del separador de aceite:

$$V_s = F_c \cdot T_r$$

V_s = Volumen del separador de aceite (ml)

F_c = Caudal de condesado (ml/min)

T_r = Tiempo de residencia (min)

Para el ejemplo, si:

F_c = 800 ml/min

T_r = 12 min

$$V_s = 800 \frac{ml}{min} \cdot 12 \text{ min} = 9.600 \text{ ml}$$

El volumen del separador se puede obtener con varias geometrías, por lo que depende de cada caso especifico el diseño del mismo.

Separador de aceites "pesados"

La Figura 13 , a la izquierda presenta un modelo de separador para aceites pesados, en el cual se aprovecha que el aceite esencial se desplaza a la parte inferior del separador para recuperarlo. El cono que se presenta en la descarga dentro del separador, es para facilitar la formación de gotas de aceite.

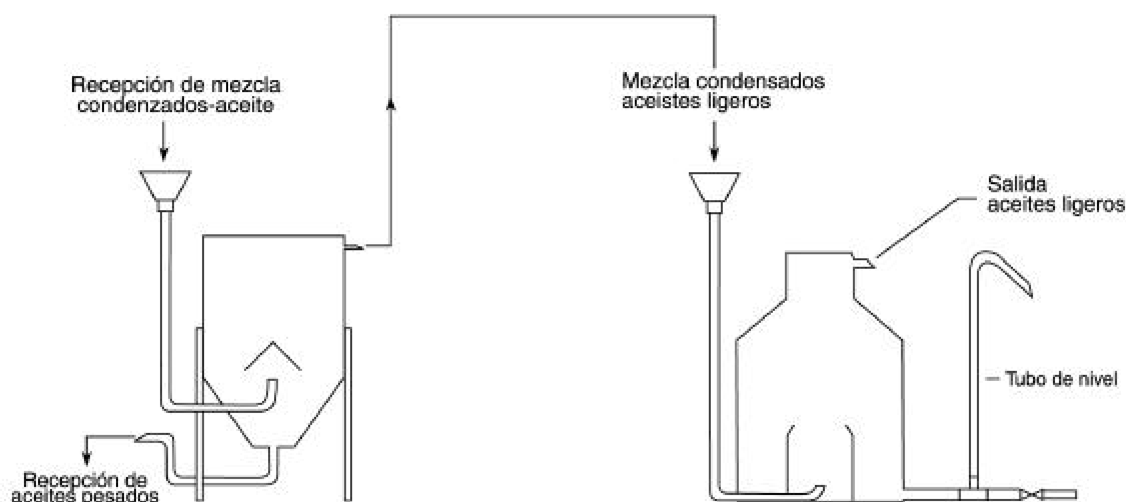


Figura 13. - Separadores de aceites pesados y livianos.

Separador de aceites "livianos"

El separador de aceites livianos que se muestra en la Figura 13 a la derecha, cuenta con un tubo para descarga, el cual permite también mantener el nivel dentro del separador. El cono que se presenta en la descarga dentro del separador, es para facilitar la formación de gotas de aceite ligero.

Selección del generador de vapor

Entre las calderas que se pueden utilizar existen las de tipo acuotubular (el agua circula por dentro de los tubos y por fuera los gases de combustión) y las humotubulares (es el caso inverso), siendo éstas últimas las más utilizadas por ser mas económicas, de poca altura y de fácil instalación, trabajan a bajas presiones (menores a 14 kg/cm^2) y tienen una producción de vapor menor que 24 kg de vapor/hr/m^2 y como desventaja su rendimiento térmico es bajo, cercano al 70%.

En cambio las acuotubulares se utilizan para mayores presiones de trabajo (hasta180 kg/cm^2) y mayor producción de vapor (hasta 454,000 kg vapor/hr), siendo el costo inicial mayor que para las humotubulares, pero su rendimiento térmico también es mayor, oscilando entre 85 y 90%.

La selección de la caldera queda determinada por los parámetros de diseño: cantidad de

vapor a generar, presión máxima de trabajo y caudal constante de vapor necesario durante la extracción; existiendo en el mercado una gran variedad de calderas que se adaptan a estos usos.

Se trabaja hasta presiones absolutas de 8 kg/cm², pero en general las presiones de trabajo rondan entre los 2,8 y 4 kg/cm² (130-143ºC), correspondiendo a una presión manométrica de 1,8 a 3 kg/m². En cuanto a la capacidad de vapor a instalar conviene tener en cuenta posibles instalaciones adicionales de baterías de extractores, para no tener que agregar una nueva caldera extra. Es conveniente que la caldera esté instalada lo más cerca posible del destilador, para evitar pérdida de calor, pero en un ambiente separado por razones de seguridad.

De acuerdo a los flujos de vapor que se determinen en las experimentaciones se puede realizar el cálculo para la selección del generador de vapor. Cuando se desea realizar el calculo para un equipo sin que se realicen experimentaciones previas se puede utilizar un factor de aproximación para la selección del generador de vapor. Este factor puede variar entre 5 y 15 ml de condensados por minuto, por kilogramo de material vegetal.

Ejemplo: Se va a seleccionar un generador de vapor para un equipo de extracción con una capacidad de extractor de 1.000 litros. La densidad bulk del material vegetal es de 0,16 kilogramo por litro. El factor de aproximación es de 50 mililitros por minuto por kilogramo de materia prima.

Datos:

Factor de aproximación: $F_0 = \dfrac{12{,}5 \text{ ml}}{\text{min} \cdot \text{kg}_m}$

Densidad bulk del material: $P_{bulk} = \dfrac{0{,}16 \text{ kg}_m}{\text{lt}}$

Volumen del extractor: $V_r = 1.000 \text{ litros}$

Caballo Caldera: $1 \text{ C.C.} = \dfrac{15{,}6 \text{ kg}_m}{\text{hr}}$

Densidad del agua: $P_{agua} = 1 \dfrac{\text{g}}{\text{ml}}$

Cálculos:

Cantidad de material vegetal:

$$C_{mv} = P_{bulk} \cdot V_r = \frac{0{,}16 \text{ kg}_m}{\text{lt}} \cdot 1000 \text{ L} = 160\text{kg}_m$$

Demanda de vapor:

$$D_v = C_{mv} \cdot F_o = 160 \text{ kg}_m \cdot \frac{12{,}5 \text{ ml}}{\text{min} \cdot \text{kg}_m} = \frac{2000 \text{ ml}}{\text{min}}$$

Masa de vapor requerida por hora:

$$D_{vh} = D_v \cdot P_{agua} \cdot \frac{60 \text{ min}}{hr} \cdot \frac{1kg}{1000 \text{ gr}}$$

$$D_{vh} = \frac{2000 \text{ ml}}{min} \cdot \frac{1 \text{ g}}{ml} \cdot \frac{60 \text{ min}}{hr} \cdot \frac{1 \text{ hr}}{1000 \text{ g}} = \frac{120 \text{ kg}_v}{hr}$$

Capacidad del generador de vapor:

$$C_g = \frac{D_{vh}}{\frac{15,6 \text{ kg}_v}{hr}} = \frac{\frac{120kg_v}{hr}}{\frac{15,6 \text{ kg}_v}{hr}} = 7,70 \text{ C.C.}$$

La capacidad del generador de vapor se ajusta al tamaño comercial inmediato superior.

Combustibles

Generalmente la leña es el combustible de elección por varios motivos. El principal es su bajo costo, pero también es de destacar la posibilidad de utilizar el material agotado después de la destilación para alimentar la caldera. El principal defecto es que se demora más tiempo para entrar en régimen. Como parámetro comparativo, en el Cuadro 6 se detalla el consumo de combustible necesario para generar 1.000 kg de vapor/hr (640.000 Kcal/hr):

Combustible	Potencia calorífica (Kcal/kg)	Consumo
Madera blanda	1.900	350 kg
Madera dura	4.000	160 kg
Fuel oil	10.200	75 litros
Gas oil	10.500	86 litros
Gas natural	8.300	83 m^3

Cuadro 6. - Consumo de combustible necesario para generar 1.000 kg de vapor/hr (640.000 Kcal/hr).

Conociendo los costos de cada uno de estos combustibles es posible determinar la mejor opción para cada caso.

En varios textos citados en la bibliografía general de este libro se podrán encontrar algunos ejemplos de diseños de plantas para la destilación de aceites esenciales (p.ej.: De Silva, 1995; Muñoz López, 1987; Anónimo, 1991).

Capitulo XI

Análisis y control de calidad de aceites esenciales

Introducción

Para la utilización de los aceites esenciales es necesario conocer su composición detallada, y sus características fisicoquímicas y organolépticas, como parámetros imprescindibles para establecer las normas que determinen sus requisitos mínimos de calidad. A estas determinaciones habrá que agregarles los ensayos que aseguren su eficacia y la inocuidad de su uso.

Los dos aspectos que con más detalle se tratarán en el presente capítulo son el análisis de la composición de los aceites esenciales y los parámetros empleados para establecer la calidad de los mismos. La evaluación organoléptica se explica en el próximo capítulo.

En relación con el control de calidad no debemos olvidar la necesidad de controlar la materia prima que sirve para la obtención de los aceites esenciales, es decir, las plantas aromáticas. Estas además, frecuentemente se comercializan como tales para su consumo en forma directa, ya sea con finalidad medicinal, alimenticia, cosmética, etc. Las exigencias analíticas son muy distintas según el uso final que se le dará a la planta o al aceite esencial que de ella se obtenga, por lo que no es posible pormenorizar las exigencias requeridas para cada caso. Sin embargo se discutirá en forma sucinta los conceptos básicos y comunes a la mayoría de las circunstancias.

La calidad de las plantas aromáticas

Las especies vegetales aromáticas pueden hallarse en el mercado enteras o bien troceadas con diferentes tipos de corte. Se transportan en recipientes de diverso tipo, como los sacos de yute o de papel. Cuando se las recepciona, tras controlarse el peso e inspeccionar que su contenido corresponda a lo indicado en los envases contenedores y notas de entrega, así como la ausencia de posibles daños ocasionados durante el transporte (por ejemplo, infestación por insectos u hongos, contaminación cruzada por olores, envases mojados, etc.), deben someterse a un periodo de cuarentena, hasta evaluar su calidad.

De cada lote se efectúa una toma de muestras siguiendo un esquema predeterminado, descrito en algunas farmacopeas o normas específicas, y basado en parámetros como el peso total de la partida, el número de sacos o recipientes que comprende y el grado de trituración del material vegetal (Cañigueral y col., 1998). Esa muestra, que debe ser lo más representativa posible de todo el lote, es sometida al control de calidad.

Los objetivos del control de las especies vegetales aromáticas se resumen en los siguientes puntos:

- Asegurar la **identidad del material**, es decir, confirmar que corresponde a la parte de la planta y a la especie vegetal prescritas.

• Asegurar que se encuentra en las condiciones adecuadas de comercialización por lo que se refiere a su **estado de conservación** y su **pureza**, es decir, que no ha sufrido alteraciones, adulteraciones ni excede los límites de materias extrañas u otros contaminantes.

• Asegurar que contiene **la cantidad adecuada de aceite esencial y que su composición es la correcta**. En caso de un uso específico, como medicinal, cosmético o alimenticio, puede ser conveniente el análisis de otros grupos de principios activos, aspecto que excede los objetivos del presente capítulo.

Tipos de análisis

Para conseguir esos objetivos, se utilizan cinco tipos de análisis, que se resumen en la Tabla 1.

TIPO DE ANÁLISIS		PARÁMETROS ANALIZADOS Y/O MÉTODOS MÁS UTILIZADOS
Organolépticos		Olor
		Color
		Sabor
Morfo-anatómicos		Análisis macroscópico
		Contenido de elementos extraños
		Estudio de cortes histológicos
		Estudio de la micrografía del polvo
		Histoquímica
Fisicoquímicos	Cualitativos	Reacciones de caracterización
		Análisis cromatográfico por CCF, CLAR o CG
	Cuantitativos	Humedad
		Contenido de aceite esencial
		Contenido de otros constituyentes
		Materia extraída con diferentes disolventes
		Cenizas totales, insolubles en HCl, etc.
		Metales pesados
		Pesticidas - agroquímicos
		Radioactividad residual
Higiénicos	Microbiológicos	Microorganismos aerobios totales (bacterias, mohos, levaduras)
		Enterobacterias, Escherichia coli, Salmonelas
	Otros	Aflatoxinas

Tabla 1: Parámetros más frecuentemente utilizados en el control de calidad de las especies vegetales aromáticas.

Los **ensayos morfo-anatómicos** atienden a los caracteres morfológicos, tanto macroscópicos como microscópicos y permiten la identificación de la planta y, a veces, detectar falsificaciones y adulteraciones. Dentro de este capítulo suele determinarse el contenido en elementos extraños, tanto los procedentes de la planta originaria (partes no usadas, como por ejemplo: partes de raíces en la menta, tallos en el hinojo o partes aéreas en la genciana), como elementos ajenos

a la planta de origen, sea de procedencia vegetal (partes de otras especies vegetales), animal (insectos, plumas, etc.) o mineral (tierra, polvo de ladrillo, arena, etc.). Según la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997), salvo que específicamente se indique lo contrario, el nivel de elementos extraños no debe ser superior al 2 % (m/m). Las especies vegetales deben estar exentas de enmohecimiento, de insectos y de otras contaminaciones de origen animal.

Los **ensayos fisicoquímicos cualitativos** contribuyen también al análisis de identidad y pureza de la planta. Para ello se emplean reacciones de caracterización (generalmente de coloración o de precipitación) de grupos químicos de fitoconstituyentes, o bien el análisis de extractos de la planta por cromatografía en capa fina (CCF), cromatografía de gases (CG) o cromatografía en fase líquida de alta resolución (CLAR). Éstos últimos nos dan el perfil cromatográfico y nos ayudan a identificar la presencia de componentes característicos de la planta, o posibles adulterantes. En relación a su costo, la CCF resulta particularmente interesante, puesto que siendo una técnica mucho más barata que las instrumentales, da mucha información con cantidades pequeñas de muestra y de reactivos.

Por lo que se refiere a los **ensayos fisicoquímicos cuantitativos**, el más destacable en el caso de las plantas aromáticas es la determinación del contenido en esencia, que se tratará en particular más abajo. Con el aceite esencial obtenido en este ensayo pueden efectuarse análisis cromatográficos, que nos permitirán ver el perfil de la esencia (CCF, CG) y cuantificar sus principales componentes (CG).

El control de la humedad es importante para la conservación del material vegetal. Debemos recordar que en el caso de las plantas aromáticas, su determinación en estufa mediante evaporación hasta peso constante del material entraña un resultado erróneo por exceso, ya que incluye también al aceite esencial o buena parte del mismo. Puede determinarse mediante el método de Dean Stark. Otras determinaciones cuantitativas figuran en la Tabla 1. Información sobre los límites de pesticidas en especies vegetales y métodos para su determinación se pueden encontrar en la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997) u otras normas. La determinación de la radioactividad residual creció en importancia a raíz de accidentes nucleares sucedidos en lugares relativamente cercanos a importantes zonas productoras de especies vegetales de uso medicinal y alimenticio.

Finalmente, no debemos olvidar los **ensayos microbiológicos**. Junto con el de pesticidas y metales pesados, el control de los contaminantes microbiológicos (bacterias, hongos) tiene una especial importancia por razones higiénicas y toxicológicas. Los límites de carga microbiana pueden variar según el destino previsto para la especie vegetal (Cañigueral y col., 1998), y se encuentran especificados en muchas normas y farmacopeas. En los últimos años se ha intensificado el control de aflatoxinas, por el grave peligro que significa su presencia en productos que suelen ser usados tal como se ofrecen en el mercado, sin ningún tratamiento intermedio. Algunas normas, como la Farmacopea Argentina VII (2003), indica los valores mínimos aceptados y las técnicas de cuantificación para estas toxinas, según el destino de uso.

En las siguientes obras se da información sobre el control de calidad de especies vegetales, principalmente en relación con el ensayo morfo-anatómico y el análisis por CCF: Brain y Turner, 1975; Cañigueral y col., 1998; Eschrich, 1983; Stahl y col., 1975; Wagner y col., 1984; todos ellos con abundantes ilustraciones. También las farmacopeas, y en particular la Farmacopea Europea, cuya versión en español se encuentra incluida en la Real Farmacopea Española (1997), son fuentes bibliográficas de primer orden para el control de calidad de las drogas vegetales aromáticas, cuando el uso final es la industria farmacéutica o cosmética.

Determinación del contenido de aceite esencial en un material vegetal

En un trabajo recientemente publicado se analizaron más de 50 muestras de todas las plantas aromáticas codificadas en la Farmacopea Europea y en venta en el mercado italiano. Los

autores de dicho trabajo alertaron sobre la notable disparidad de valores encontrados en la determinación de sus contenidos de aceites esenciales, y sobre la necesidad imperiosa de controlar esta situación (Miraldi y col., 2001). La mayoría de los materiales analizados dieron valores muy inferiores con respecto a las exigencias farmacopeicas vigentes en Europa. Esto es realmente alarmante si se considera que estas plantas son dispensadas como medicamentos justamente por su contenido en compuestos volátiles. Pero da una pauta de la importancia crucial que tiene este tipo de control, por ser una de las causas más comunes de rechazo de partidas. Revela por otro lado la insuficiente importancia que le han dado algunos productores inescrupulosos.

El método más tradicionalmente utilizado para realizar este ensayo es el que prescriben la mayoría de las farmacopeas, como la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997). Se basa en efectuar una hidrodestilación de un peso conocido de material vegetal y recoger el aceite esencial en un tubo graduado (1 ml dividido en 0,01 ml) que se encuentra en un colector de destilación especialmente diseñado para este tipo de análisis (Figura 1). El colector se acopla a un matraz que contiene el material vegetal y un cierto volumen de agua, que se calienta mediante un sistema de potencia regulable para provocar la destilación y regular su velocidad.

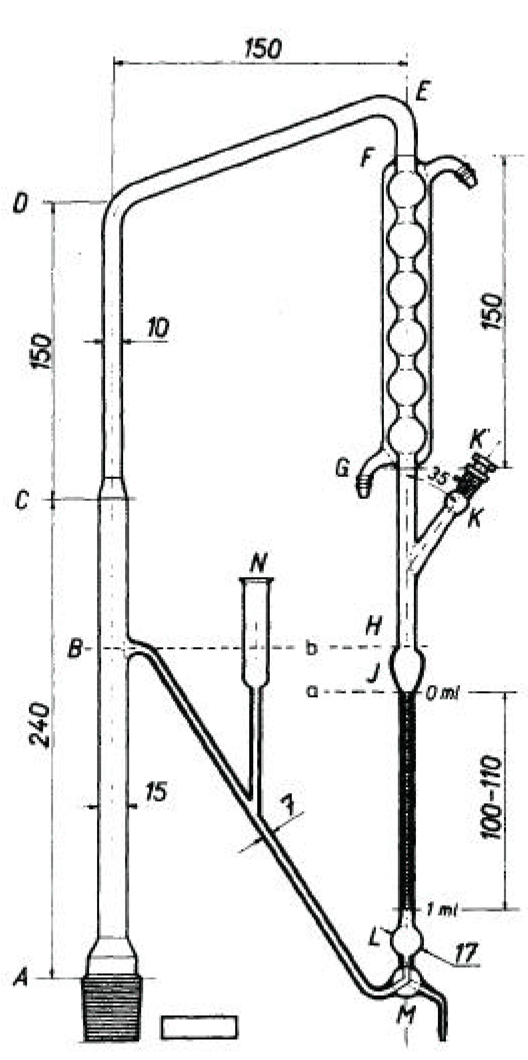


Figura 1. Colector de destilación empleado para la determinación del contenido en esencia de una especie vegetal según la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997). Medidas en mm.

Tras la destilación, podemos medir el volumen de esencia destilado y fácilmente calcular el contenido, que se expresa en porcentaje volumen / peso (ml de aceite esencial por 100 g de material vegetal).

Muchas veces, se emplea un pequeño volumen, exactamente medido, de disolvente orgánico (que se coloca formando una capa por encima del agua en la parte del colector señalada con la letra J en la Figura 1) para favorecer la recolección del aceite esencial. Los disolventes orgánicos más usados con esta finalidad son el xileno y el 1,2,3,4-tetrametilbenceno.

Aunque este equipo (también llamado trampa tipo Clevenger) está universalmente aceptado, y está citado, salvo mínimas variaciones, por casi todas las normas existentes sobre extracción de esencias, conviene tener en cuenta que los resultados que se obtienen con el mismo no siempre pueden extrapolarse a un proceso realizado en escala industrial.

El principal problema que tiene es que el material vegetal está constantemente inmerso en el agua hirviendo durante todo el tiempo de extracción. Esto hace que si la planta tiene productos termolábiles, puedan descomponerse parcial o totalmente (por ejemplo la hidrólisis de ésteres, o la oxidación de aldehidos y cetonas), modificando o la calidad o el rendimiento del producto obtenido. Se ha visto experimentalmente por ejemplo que en las esencias de lavanda, el contenido de acetato de linalilo puede disminuir hasta un 10% con respecto al contenido original presente en la planta.

Al estar el agua en continuo contacto con el material vegetal va bajando su acidez, llegando a veces hasta pH 5 o menores, lo que favorece la produción algunas conversiones o hidrólisis de los productos naturales (Koedam y col., 1980). Boutekedjiret y col. (1997) encontraron por ejemplo que el rendimiento de la esencia de romero en una hidrodestilación es la mitad del obtenido con extracción con vapor de agua, además de modificarse la calidad de la esencia. Se ha publicado también en el caso de la esencia de comino, cuyos principales componentes son aldehidos, cómo varía la calidad de la misma en función de las distintas técnicas de extracción utilizadas (Bandoni y col., 1991). Los aldehidos presentes naturalmente en esta esencia permanecen más estables en una destilación por arrastre con vapor de agua que con una hidrodestilación del tipo de la trampa Clevenger.

Otra limitación es que no hay posibilidad de modificar la presión de trabajo, por lo que el tiempo de destilación de algunos materiales vegetales, como raíces o cortezas, pueden ser demasiado largos, favoreciendo una mayor descomposición de la esencia.

Finalmente, debe considerarse que el proceso que se realiza en esta trampa, es más un proceso de cohobación que de destilación simple, pues el agua condensada en el refrigerante vuelve al matraz o balón extractor, lo que permite hacer una extracción más exhaustiva de los componentes hidrosolubles.

Si se quieren solucionar algunos de estos inconvenientes, debería usarse un sistema más complejo, donde el vapor de agua se genere en un recipiente separado, y el material vegetal esté en contacto con el vapor solamente, lo que reduciría en forma drástica los problemas de descomposición. Existe en la bibliografía una propuesta al respecto (Whish, 1996). Sin embargo, cuando se trata de hacer estudios comparativos entre distintas parcelas de cultivo, o distintas calidades de una misma esencia, éste es indiscutiblemente el método de elección, por su sencillez, rapidez y universalidad. Cuando se quiere utilizar la información obtenida con una trampa tipo Clevenger para extrapolarla a un proceso industrial, siempre es conveniente ensayar previamente en una escala intermedia o piloto, para confirmar los resultados en escala de laboratorio.

Análisis de la composición de los aceites esenciales

Recordemos que los aceites esenciales son mezclas que pueden llegar a ser muy comple-

jas, por lo que la identificación de sus componentes no es una tarea simple. Antiguamente, esta identificación se convertía en una larga y tediosa operación, que consumía muchísimo tiempo, ya que requería el aislamiento y purificación de cada componente (utilizando, por ejemplo, reacciones de complejación, cristalizaciones, cromatografía en capa fina, cromatografía en columna, destilación fraccionada, etc.) y su posterior determinación estructural por métodos químicos tradicionales (obtención de derivados, reacciones de coloración, pruebas de grupos funcionales, etc.).

Por ello, el control de aceites esenciales se limitaba en buena parte a la determinación de sus constantes físicas (principalmente solubilidad, densidad, poder rotatorio e índice de refracción) o algunos índices químicos (de acidez, de éster, de acetilo, de fenoles, etc.). Valores de estos parámetros para un gran número de aceites se encuentran reunidos en los textos clásicos sobre aceites esenciales como el de Günther y el de Gildemeister y Hoffmann. La evaluación de estas constantes fisicoquímicas se mantiene todavía en las tareas de control de calidad a nivel industrial, por la sencillez del método y la rapidez de obtención de resultados.

Esta primera época de la analítica de esencias fue iniciada por el químico Otto Wallach, quien mereciera por esta labor el Premio Nóbel de Química de 1910. Un segundo Premio Nóbel de Química, otorgado en 1952 a Martin y Synge, fue el inicio de una segunda época en el conocimiento de los aceites esenciales, gracias al desarrollo de la cromatografía de gases.

En las últimas décadas, el desarrollo de ésta y otras técnicas instrumentales de análisis y su acoplamiento a sistemas informáticos y bases de datos, ha cambiado sustancialmente el panorama, agilizando de forma notable la identificación de los componentes de las esencias. Han contribuido especialmente a este cambio, el desarrollo de:

• Técnicas cromatográficas de alta resolución, principalmente la cromatografía de gases con columnas capilares.

• Técnicas espectroscópicas, particularmente la espectrometría de masas (EM), la espectroscopía infrarroja (IR) y la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN).

• Sistemas cromatográficos acoplados a técnicas espectroscópicas, especialmente la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-MS) y la cromatografía de gases acoplada a la espectroscopía infrarroja (CG-FTIR)

Vamos a repasar a continuación los aportes de las diferentes técnicas analíticas en la identificación de los componentes de los aceites esenciales. Para información más detallada, véase Schreier, 1984; Formácek y Kubeczka, 1982; Nikelly, 1986, Sandra y Bicchi, 1987; Linskens y Jackson, 1997.

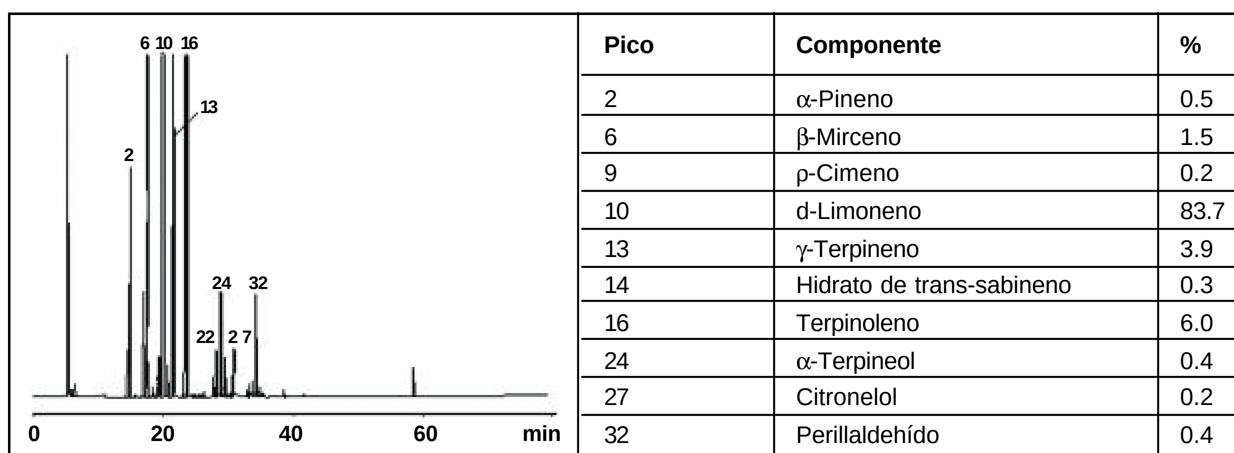
Cromatografía en fase gaseosa

La cromatografía de gases es una técnica de separación basada principalmente en fenómenos de partición entre una fase móvil gaseosa (helio, argón, hidrógeno, nitrógeno) y una fase estacionaria constituida por un líquido muy viscoso retenido en el interior de una columna cromatográfica. La distinta afinidad por esta fase estacionaria por parte de cada uno de los componentes que constituyen la mezcla en análisis determina la separación de los mismos: podrán algunos compuestos ser fuertemente afines a la fase estacionaria, por lo que son retenidos en la misma y saldrán de la columna cromatográfica recién después de un largo período de tiempo. En el otro extremo podrán existir componentes que sean muy poco afines a la fase estacionaria, y saldrán de la columna casi inmediatamente. En la medida que existan componentes con distintas afinidades, se irán desperdigando dentro de la columna, por lo que se logrará finalmente su separación.

La columna se coloca en un horno con temperatura regulable y programable, lo que nos

permite influir de forma decisiva en la separación de los componentes de la mezcla. El cromatógrafo se completa con un sistema de inyección, que nos permite introducir la muestra en la columna, y un detector que acusa la presencia de las diferentes sustancias a medida que van saliendo de la columna, una vez separadas. Las columnas cromatográficas utilizadas actualmente son de tipo capilar: están constituidas por un tubo de cuarzo flexible (sílice fundido) de diámetro muy pequeño (normalmente 0,25 mm) y muy largo (25 a 60 m, hasta 200 m): proporcionan alta resolución y permiten separar las mezclas multicomponentes de sustancias de diversa polaridad y/o peso molecular (monoterpenos, sesquiterpenos, etc.). Para el análisis de aceites esenciales suelen emplearse dos tipos de fases estacionarias: polietilenglicol de peso molecular 20.000 (*Carbowax 20M*®), que es una fase polar, y polidimetilsiloxano (*OV-101*®, *Ultra 1*®, *HP-1*®, *DB-1*®, etc.), que es una fase apolar.

En la Figura 2, puede verse un cromatograma típico obtenido mediante una columna capilar. Cada sustancia separada produce un pico cromatográfico, cuya área es proporcional a la cantidad presente de la misma en la mezcla inyectada.



Pico	Componente	%
2	α-Pineno	0.5
6	β-Mirceno	1.5
9	ρ-Cimeno	0.2
10	d-Limoneno	83.7
13	γ-Terpineno	3.9
14	Hidrato de trans-sabineno	0.3
16	Terpinoleno	6.0
24	α-Terpineol	0.4
27	Citronelol	0.2
32	Perillaldehído	0.4

Figura 2: Cromatograma CG típico en columna capilar DB-1 (60 m) del aceite esencial de la cáscara de mandarina procedente de Citrus reticulata *obtenido por arrastre con vapor. En la tabla lateral se indican los componentes mayoritarios (Blanco Tirado y col., 1995).*

La cromatografía de gases no sólo es útil para estudiar la composición de un aceite esencial, como veremos seguidamente, sino que también es una herramienta indispensable en el control de calidad, como se verá en el apartado correspondiente.

Índices de retención

Para la identificación de los componentes de un aceite esencial mediante CG se ha utilizado frecuentemente la comparación de sus tiempos de retención (tiempo transcurrido entre la inyección de la muestra y la aparición del pico cromatográfico) con los de patrones. Sin embargo, los tiempos de retención están fuertemente influenciados por numerosas variables, como la técnica de inyección, las variaciones de temperatura o flujo de los gases, el diseño del equipo, etc. Por este motivo ha sido necesario la introducción de parámetros relativos como son los tiempos de retención relativos (Breckler y Betts, 1970) y los índices de retención. Estos se calculan a partir de los tiempos de retención y por comparación con una serie de sustancias a las cuales se les asignan valores arbitrarios de índices de retención. Los más utilizados son los Índices de Kováts, introducidos por Kováts (1958) y definidos respecto a una serie de n-alcanos. A veces, para el cál-

culo de los índices de retención se emplean series de ésteres metílicos o etílicos de ácidos orgánicos alifáticos y series de hidrocarburos sesquiterpénicos (Andersen y Falcone, 1969).

La identificación de los componentes de un aceite se realiza a través de comparación de los índices de retención de las sustancias patrones en dos fases estacionarias, polar y apolar, con los índices obtenidos para los componentes del aceite esencial. Existen recopilaciones muy importantes de estos índices, realizadas por Jennings y Shibamoto (1980), Davies (1990) y Adams (1995 y 2001), entre otros, y varias bases de datos comerciales.

Si bien la información que proporcionan los índices de retención respecto a la identidad de los componentes de la esencia es muy valiosa, la identificación de los mismos no puede basarse exclusivamente en ellos, ya que muchos componentes tienen índices coincidentes o muy similares en ambas columnas. Por ello, es necesario aplicar otras técnicas, entre las cuales se destacan la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas y la resonancia magnética nuclear de carbono 13 (^{13}C-RMN).

Se ha propuesto una partición de los aceites esenciales entre dos disolventes (acetonitrilo / hexano) previo al análisis cromatográfico, para identificar con mayor precisión los índices de retención logrados experimentalmente (Isidorov y col., 2001). Con esta técnica, se puede calcular un parámetro, j, que involucra cada índice de retención con la constante de partición del componente en las dos fases citadas. Mediante este factor j es posible asignar con mayor precisión la identidad de los constituyentes de una esencia, fundamentalmente cuando se emplea una sola columna, no polar, como sistema separador. También se ha propuesto un modelo matemático estadístico para predecir los índices de retención (IR) de estructuras químicas relacionadas, como un mecanismo que asegure la identificación correcta de los constituyentes de un aceite esencial (Olivero y col., 1997).

Detectores selectivos

El detector del cromatógrafo de gases puede ser de dos tipos: universal o selectivo. El más utilizado en el caso de las esencias es el de ionización por llama (FID, por su nombre en inglés: Flame Ionization Detector), que es de tipo universal. El empleo de detectores selectivos, sin embargo, puede ser de gran utilidad para identificar, por ejemplo, la presencia de componentes nitrogenados o azufrados, o la presencia de contaminantes como muchos pesticidas. Como ejemplo, en la Figura 3 aparecen dos perfiles cromatográficos de un mismo extracto obtenidos mediante un detector universal (FID) y mediante un detector selectivo de tipo NPD (para sustancias que contengan nitrógeno o fósforo). Se trata de un extracto de flores de guaca (*Spilanthes americana*), entre cuyos componentes nitrogenados se destaca el espilantol, una amida con propiedades insecticidas y medicinales (Stashenko y col., 1996).

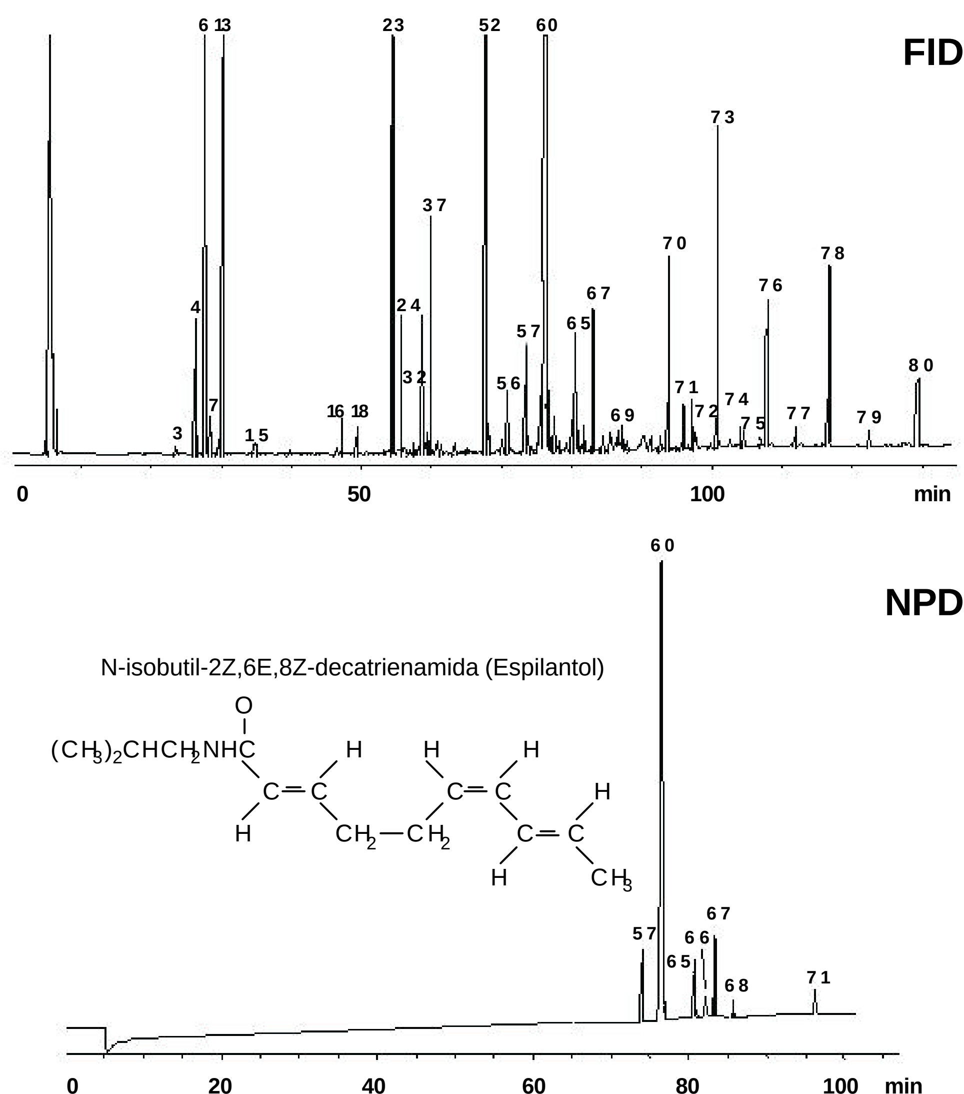


Figura 3. Cromatogramas del extracto (SFE) de flores de guaca (Spilanthes americana), obtenidos con una columna DB-1 (60 m), utilizando un detector universal (FID) y un detector NPD (Stashenko y col., 1996).

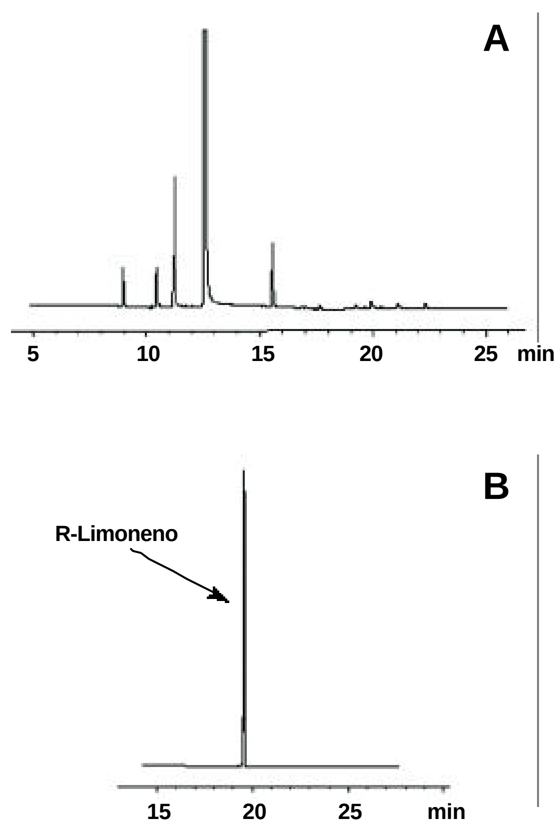
En varios modelos de cromatógrafos comerciales es posible adosar un sistema de derivación de los efluentes de la columna, para que una gran parte del eluido se puedan dirigir a un sistema abierto y termostatizado, donde un perfumista o analista experto puede oler cada una de las sustancias que salen del cromatógrafo. De esta manera, se puede tener una evaluación olfativa de cada uno de los picos de un cromatograma, y dibujar lo que se llama *osmograma*, o cromatograma con la identificación olfativa de cada componente aislado. Esta técnica representa un valiosísimo elemento de control de la calidad organoléptica de una esencia, pues permite identificar a los constituyentes más característicos que definen el olor de la misma.

Cromatografía de gases multidimensional

En la última década el desarrollo de la cromatografía multidimensional abrió nuevas posibilidades en el análisis de los aceites esenciales, sobre todo en la detección e identificación de

los compuestos minoritarios y en trazas, a nivel de 10^{-14} gramos. Son varias las configuraciones posibles, cada una de ellas representando una ventaja en cuanto a poder de resolución o sensibilidad del método. Con estas técnicas se puede analizar una fracción de eluato obtenido en una primera columna (una parte del cromatograma, a veces un solo pico por la técnica llamada *heart cutting*) mediante una segunda columna en la cual ingresa directamente gracias a un sistema de válvulas. Otros sistemas usan una columna conectada a dos o más detectores (por ejemplo el de ionización en llama y el de nitrógeno / fósforo), expresando cada uno de ellos resultados adicionales entre sí. Con el sistema de dos columnas en serie se pueden separar sustancias que no se logran separar con una sola columna. Así, el empleo de las columnas cromatográficas con fases estacionarias quirales, acopladas a un sistema tradicional, permite discriminar entre los isómeros ópticos de un componente en los aceites esenciales. Un ejemplo de ello se ilustra en la Figura 4.

Actualmente se están desarrollando nuevas técnicas, más sofisticadas aún, para lograr una mayor resolución en el análisis de un aceite esencial. Una de las más promisorias parece ser la llamada cromatografía bidimensional (*comprehensive two dimensional gas chromatography*, o $[CG]^2$), en la que el sistema tradicional de dos columnas en serie está optimizado por medio de un mecanismo intermedio modulador. Este aditamento permite concentrar el eluido de la primer columna en la primera porción de la segunda columna, que es mucho más corta, por lo que su velocidad de análisis es del orden de los segundos. Con este equipamiento, y con la ayuda de técnicas estadísticas de deconvolución (resolución de respuestas superpuestas) y graficado de datos, se obtiene un cromatograma bidimensional (Figura 4a): esto representa una capacidad de separación del sistema superior en uno o más órdenes de magnitud con respecto a una cromatografía de gases capilar tradicional (Dimandja y col., 2000; Marriott y col., 2000).



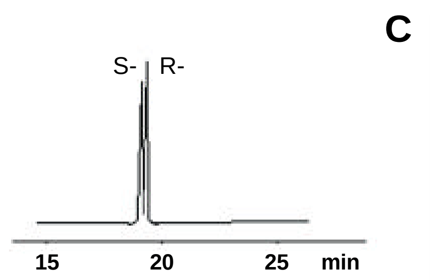


Figura 4. Perfiles cromatográficos de A). Aceite esencial de naranja. Columna HP-1 (30 m); B). R-limoneno presente en el aceite esencial de naranja. Técnica "heart-cutting" columnas HP-1 (30 m) y b-DEX120 (fase estacionaria: b-ciclodextrina, 30 m); y C). Mezcla de los isómeros R- y S-limoneno. Columna b-DEX120 (30 m).

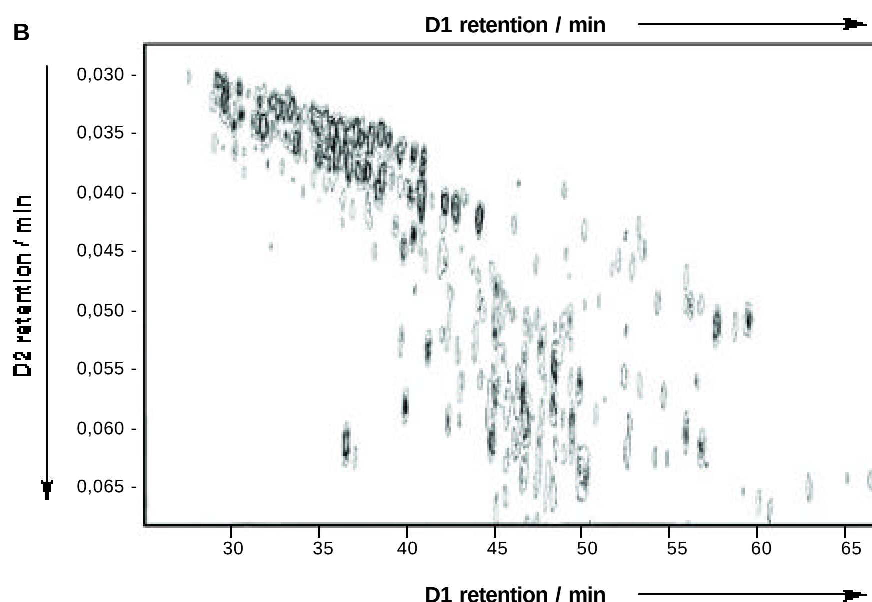


Figura 4a. Fracción de un cromatograma bidimensional de esencia de vetiver. (Marriott y col., 2000).

Cuantificación de componentes

Generalmente, la cuantificación de los componentes de un aceite esencial se efectúa por normalización de las áreas de los picos del cromatograma obtenido con un detector FID. No suelen utilizarse factores de corrección. Esta simplificación, que supone que todos los componentes de la esencia son volátiles y tienen el mismo grado de respuesta al detector, es comúnmente aceptada dada la dificultad para disponer de los patrones necesarios para otros tipos de análisis más exactos, como por ejemplo con un patrón interno.

Cromatografía de gases acoplada a espectometría de masas

Durante las dos últimas décadas se ha demostrado que uno de los métodos más eficientes para el estudio de la composición de los aceites esenciales es la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-EM). Es un método muy adecuado para la identificación debido a

que los componentes del aceite son compuestos volátiles y de bajo peso molecular (<300 *dalton*). La esencia se inyecta directamente en el cromatógrafo, sin ningún tratamiento previo, lo cual elimina posibles modificaciones en la composición de la muestra o en la estructura de sus constituyentes debidas a pretratamiento. No se eliminan las alteraciones debidas a la temperatura de análisis, que puede afectar componentes termosensibles. En el cromatógrafo, los componentes de la esencia se separan, tras lo cual penetran en el espectrómetro de masas, que permite registrar el correspondiente espectro de cada una de las sustancias separadas. Los constituyentes del aceite esencial se identifican gracias a los diferentes *patrones de fragmentación* que se observan en sus espectros de masas.

La CG-EM permite realizar en una sola operación, para una muestra del orden de 1 µl, un análisis cualitativo junto con una indicación de las proporciones en las que se encuentran los componentes. Cuando se dispone de sustancia patrón, la calibración del equipo permite un análisis cuantitativo exacto de la muestra.

Es posible determinar índices de retención en el CG-EM, pero éstos pueden no ser comparables con los bibliográficos, que generalmente se han obtenido con cromatógrafos no acoplados a un espectrómetro.

Espectromía de masas

La identificación de los componentes de los aceites esenciales se realiza con base en sus espectros de masas (EM), obtenidos por dos técnicas distintas y complementarias: impacto electrónico (70 y/o 12-20 eV) y/o ionización química. Estos últimos son especialmente útiles cuando en los espectros convencionales el ion molecular (M^+) no aparece.

Varios analizadores másicos (magnético, cuadrupolar, de trampa iónica) se utilizan en espectrómetros de masas acoplados a cromatógrafos de gases. En los últimos años los detectores de trampa iónica se emplean cada vez con más frecuencia en los estudios de mezclas complejas, incluyendo los aceites esenciales, sobre todo cuando se requiere alta sensibilidad en los análisis.

En un espectro de masas, observamos, en abscisas, la relación masa/carga (m/z) de los iones formados al fragmentarse la molécula y en ordenadas la intensidad (abundancia) de cada uno de los iones formados. Dado que la carga suele ser unitaria, m/z corresponde generalmente a la masa de los fragmentos iónicos.

Las masas de los iones formados a partir de los terpenos, principales constituyentes de los aceites esenciales, son bastante parecidas. Sin embargo difieren en su abundancia (intensidades de los iones) lo cual permite su identificación. Las investigaciones de varios autores han permitido encontrar los criterios experimentales (relación de las intensidades de los iones moleculares y característicos, espectros de masas de colisiones activadas, energías cinéticas liberadas durante las transiciones metaestables, etc.) para la identificación de terpenos (básicamente, monoterpenos) a través de sus espectros de masas. Las bibliotecas de espectros de terpenos y diferentes sistemas experto para su identificación, permiten hoy en día realizar con gran seguridad la correlación tipo estructura-espectro de masas. Cabe destacar que las correlaciones entre las estructuras de sesquiterpenos y sus espectros de masas no han sido estudiadas con tanto detalle como las de los monoterpenos, por lo que en ellos se hace más necesario la utilización de datos analíticos complementarios (índices de retención y ^{13}C-RMN, entre otros).

Existen diversas colecciones de espectros de masas que son de gran utilidad en la identificación de componentes de aceites esenciales: TNO (Central Institute for Nutrition and Food Research, 1980), McLafferty (1993), Adams (1989 y 2001). Las dos últimas se encuentran también en versión electrónica, y existen otras librerías de espectros de masas, como la de Stenhagen y col. (1974) y la del NIH (Heller y Milne (1978, 1980, 1983).

Espectros de masas de monoterpenos

Los **hidrocarburos monoterpénicos** monocíclicos (felandreno, α-terpineno, γ-terpineno, terpinoleno), bicíclicos (Δ^3-careno, α-pineno, sabineno, canfeno) y acíclicos (mirceno, allo-ocimeno), poseen una fragmentación característica común: presentan en sus EM el ion *m*/z 93 (>80%) como pico base o de alta intensidad, producido por una ruptura alílica en la molécula, acompañada de la eliminación de un radical $C_3H_7^\bullet$. El ion molecular $M^{+\bullet}$ (*m*/z 136) es de intensidad media o baja (< 30%) y se descompone eliminando sucesivamente los radicales $CH_3^\bullet$ y $C_3H_7^\bullet$, con formación de los iones en *m*/z 121 y 93, respectivamente. El ion $(M\text{-}C_3H_7)^+$ posteriormente pierde $CH_3^\bullet$ para generar el fragmento $(M\text{-}C_3H_7\text{-}CH3)^+$ en *m*/z 79. Se observan picos muy débiles en la región de masas pequeñas (< m/z 79), lo que indica cierta estabilidad inherente del sistema cíclico al impacto de electrones.

La similitud en los valores de *m*/z de los EM de los hidrocarburos monoterpénicos se atribuye a la rápida isomerización de sus iones moleculares debido a la fácil migración de los dobles enlaces tras el impacto de electrones, que conduce a la formación de iones $M^{+\bullet}$ isomerizados, de estructura común. Por consiguiente, estos iones poseen el mismo patrón de fragmentación y las diferencias en las intensidades de los fragmentos característicos (*m*/z 121, 93, 91, 79, 77) se deben solamente a las desigualdades iniciales en las energías conformacionales de las moléculas.

En la Figura 5, se muestra el espectro de masas y el esquema de fragmentación del γ-terpineno, que responde al patrón característico de los hidrocarburos monoterpénicos que acabamos de exponer. En el caso del **limoneno** (Figura 6), monoterpeno cíclico con dos dobles enlaces aislados, mayoritario en los aceites esenciales de cítricos, la fragmentación del ion molecular $M^{+\bullet}$ (*m*/z 136, 26,8%) se caracteriza por una ruptura de tipo retro Diels-Alder (RDA), acompañada de la formación de un pico de base en *m*/z 68 (100%).

En los **alcoholes monoterpénicos**, la presencia del grupo -OH modifica su fragmentación generando nuevas rutas. Sus espectros de masas resultan ser más complejos que los de hidrocarburos monoterpénicos correspondientes. Los iones moleculares de los alcoholes son generalmente de muy baja intensidad o a menudo no se detectan. En el caso de los alcoholes monoterpénicos la presencia del grupo hidroxilo se puede confirmar por la aparición en los iones $(M\text{-}H_2O)^+$ en *m*/z 136 y $(M\text{-}H_2O\text{-}CH_3)^+$ en *m*/z 121. Alcoholes monoterpénicos, como el α-terpineol (Figura 7), el terpinen-4-ol (Figura 8a y b) y el linalol (Figura 9), exhiben rutas de fragmentación similares, generando iones característicos comunes en *m*/z 139, 136, 121 y 93.

En la fragmentación del α-terpineol (Figura 7) intervienen, además, roturas tipo RDA, y la presencia del grupo -OH no unido directamente al ciclo, que provoca la aparición del pico base en *m*/z 59 (100%) debido al ion $C_3H_7O^+$, que tiene carácter diagnóstico.

En el espectro de masas del terpinen-4-ol (Figura 8a y b) el pico base y los fragmentos diagnóstico se forman también a través de una reacción de tipo RDA, que ocurre tanto en el ion molecular ($M^{+\bullet}$) como en el fragmento $(M\text{-}C_3H_7)^+$ (*m*/z 111). Ello corrobora la localización del doble enlace en el ciclo. Los fragmentos $(M\text{-}C_3H_7)^+$ (*m*/z 111) y $C_4H_7O^+$ (*m*/z 71) son iones diagnóstico en el EM del terpinen-4-ol y permiten distinguirlo fácilmente de su isómero α-terpineol (Figura 7).

En el caso del linalol (Figura 9), los iones $C_4H_7O^+$ (*m*/z 71, 100%), $C_5H_9^+$ (*m*/z 69), CH_3CO^+ (*m*/z 43) y $C_3H_5^+$ (*m*/z 41), que constituyen los fragmentos diagnóstico, se forman a partir de dos rupturas alílicas (a y b) del ion molecular.

También en el espectro de masas del geranial (Figura 10), aldehido monoterpénico acíclico, la ruptura alílica origina un fragmento hidrocarbonado en *m*/z 69 (100%) que constituye el pico base del espectro, que posteriormente elimina la molécula de etileno para convertirse en un ion alílico en *m*/z 41 (90%).

Espectros de masas de sesquiterpenos

Como ya se dijo, los espectros de masas de los sesquiterpenos han sido menos estudiados. Esta falta de información, así como las similitudes estructurales y de sus espectros de masas hacen que este grupo de sustancias precise, más que cualquier otro, el complemento de otras técnicas analíticas para su identificación.

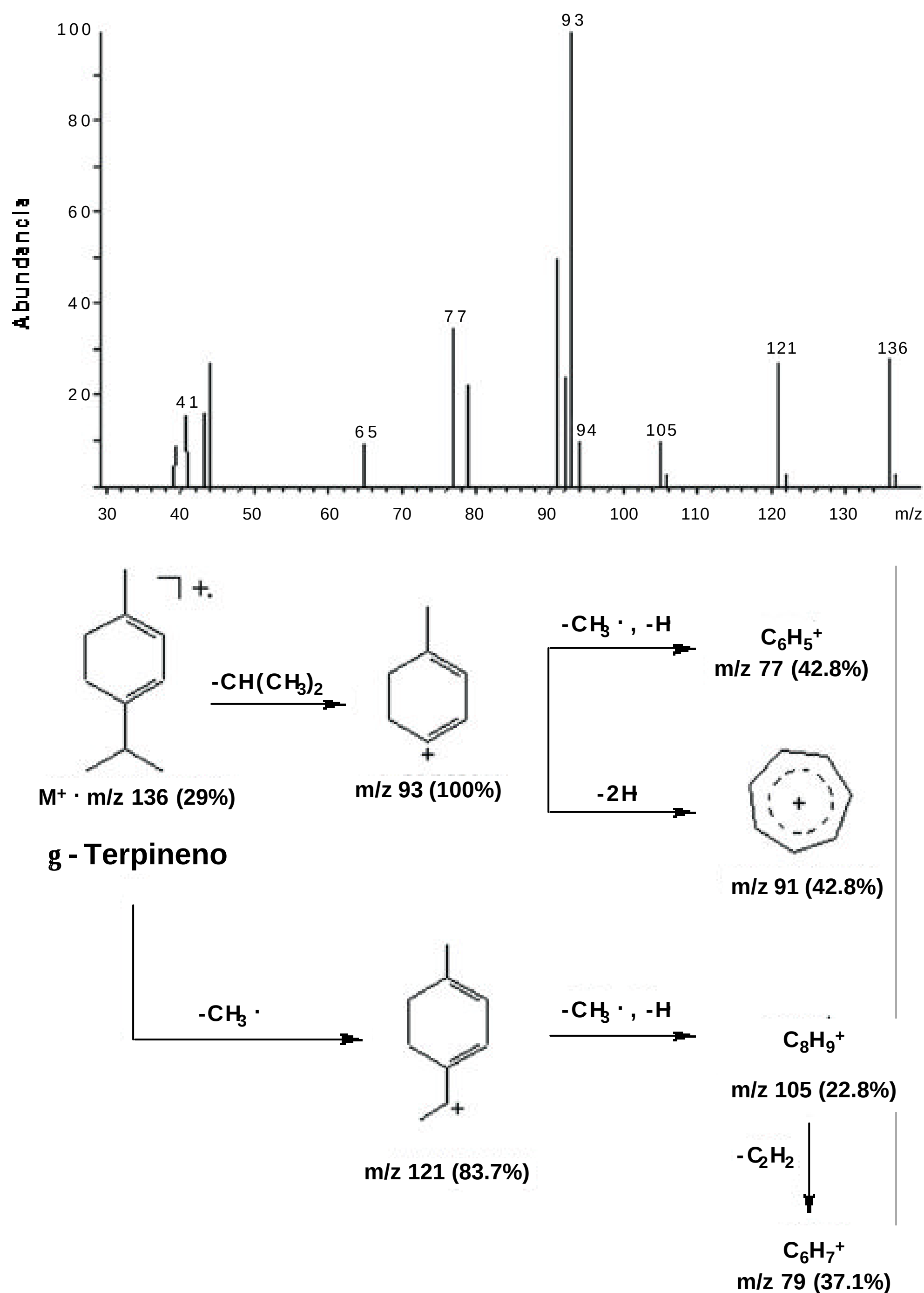


Figura 5. Espectro de masas y esquema de fragmentación del g-terpineno.

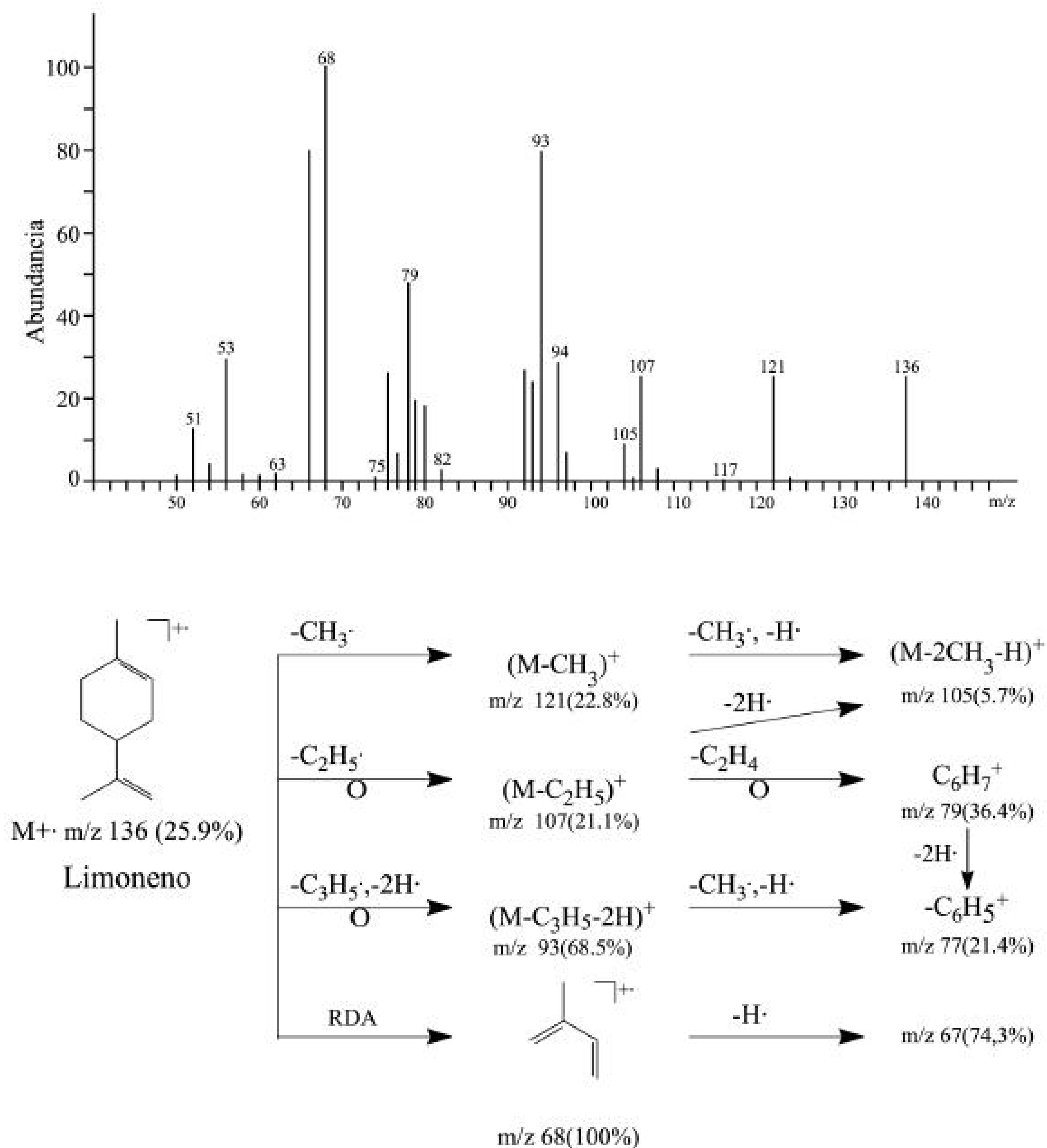


Figura 6. Espectro de masas y esquema de fragmentación del limoneno.

Como ejemplo, incluimos aquí el espectro de masas del δ–cadineno (Figura 11). Su pico base corresponde al fragmento $(M\text{-}C_3H_7)^+$ en *m*/z 161 (100%), el cual se forma por la pérdida del radical isopropilo de la molécula ionizada. La posición del doble enlace en el ciclo A se comprueba por la aparición de un ion en *m*/z 134 (60%), producto de la reacción RDA que ocurre tanto en el ion $M^{+\bullet}$ (como en el fragmento $(M\text{-}C_3H_7)^+$. La presencia de la secuencia característica, de los iones en *m*/z 65, *m*/z 91, 105, 119, 131, sugiere la formación de estructuras aromáticas con sustituyentes alquílicos.

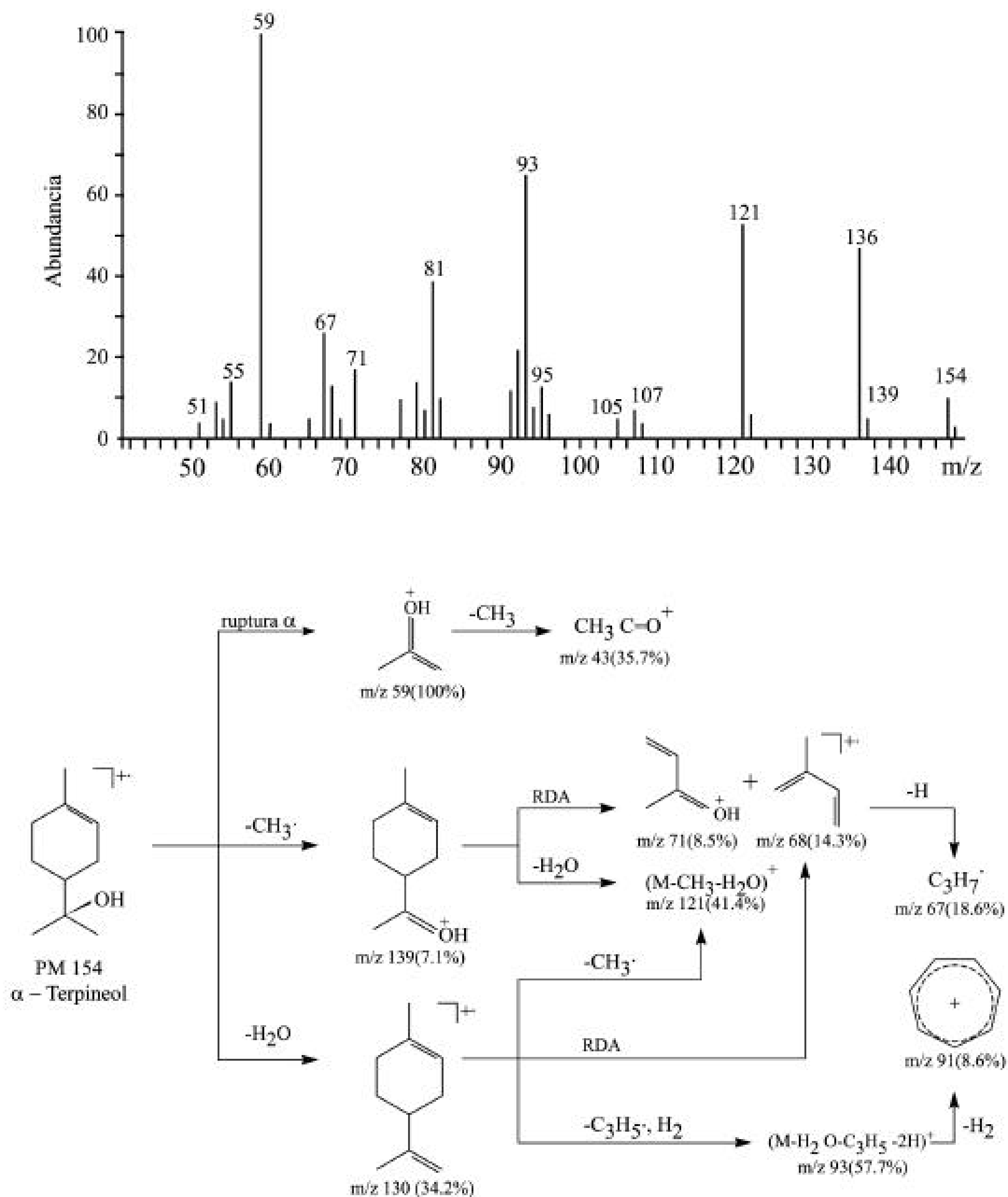


Figura 7. Espectro de masas y fragmentación del α-terpineol.

Espectros de masas de moléculas alifáticas no terpenoides

Los aceites esenciales de cítricos, de ruda y algunas plantas de la familia *Apiaceae (=Umbeliferae)* poseen alcoholes y aldehídos alifáticos, no terpénicos, por ejemplo, n-octanol, n-nonanol, n-nonanal, n-decanal y el α-sinensal, que contribuyen al aroma fresco y agradable típico de los cítricos.

Como ejemplo, en la Figura 12 se muestra el espectro de masas del n-decanal. No aparece el ion $M^{+\bullet}$((PM 156), comportamiento característico de los aldehídos alifáticos saturados con más

de 10 átomos de carbono. Su espectro de masas es semejante al de los alcanos, donde prevalecen los fragmentos de masas pequeñas (< *m*/z 80) y se observan las secuencias de iones homólogos. Los productos de descomposición más significativos desde el punto de vista de diagnóstico estructural son los fragmentos resultantes de la transposición de McLafferty. A partir de ahí, los iones con la carga positiva localizada sobre el oxígeno, generan una serie de fragmentos homólogos en *m*/z 44 (85,7%), 58 (8,6%), 72 (10,8%), ..., $C_nH_{2n}O^+$. La localización de la carga sobre la parte hidrocarbonada de la molécula origina iones de las series olefínica $C_nH_{2n-1}^+$ en *m*/z 41, 55, 69, 83... y alifática $C_nH_{2n+1}^+$ en *m*/z 43, 57, 71, 85...

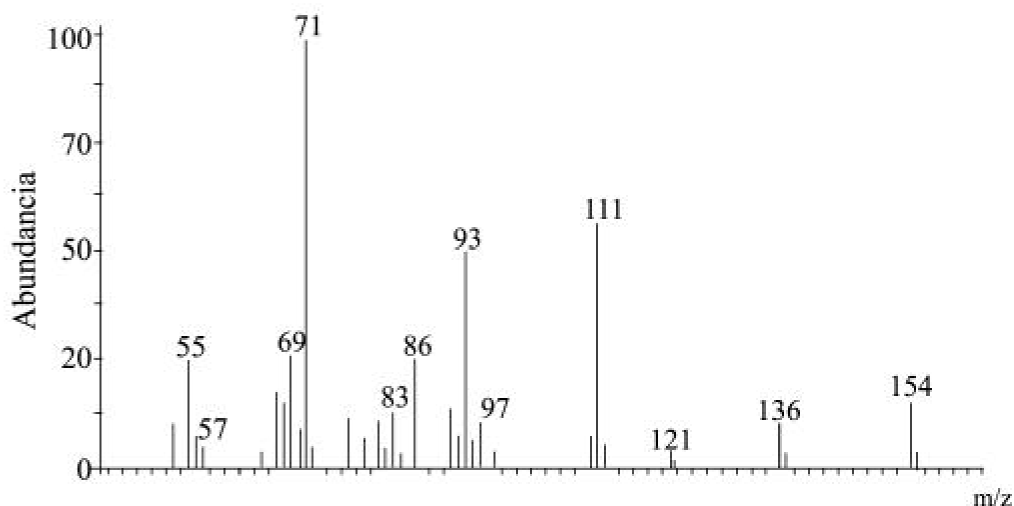


Figura 8a. Espectro de masas del terpinen-4-ol.

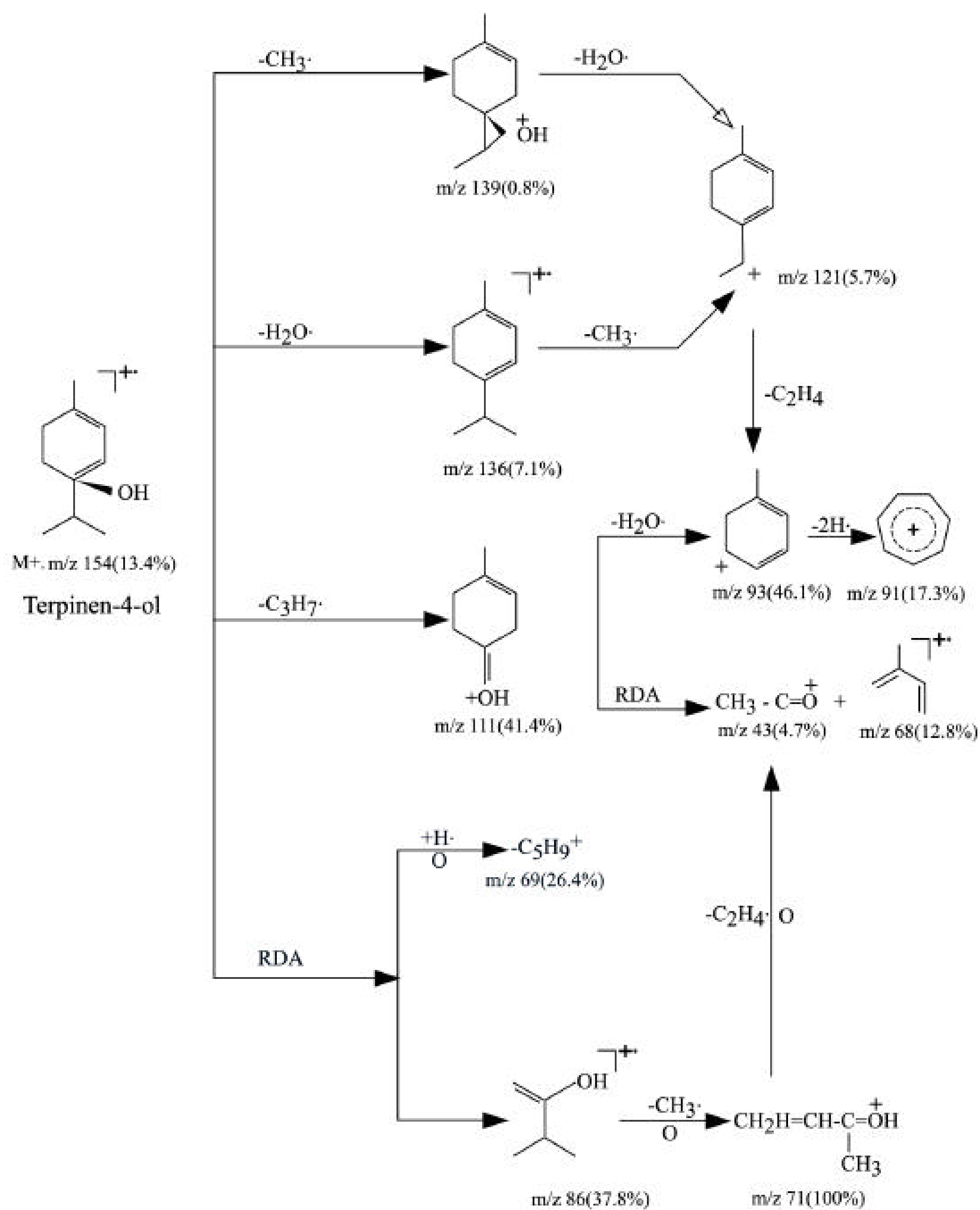


Figura 8b. Fragmentación del terpinen-4-ol.

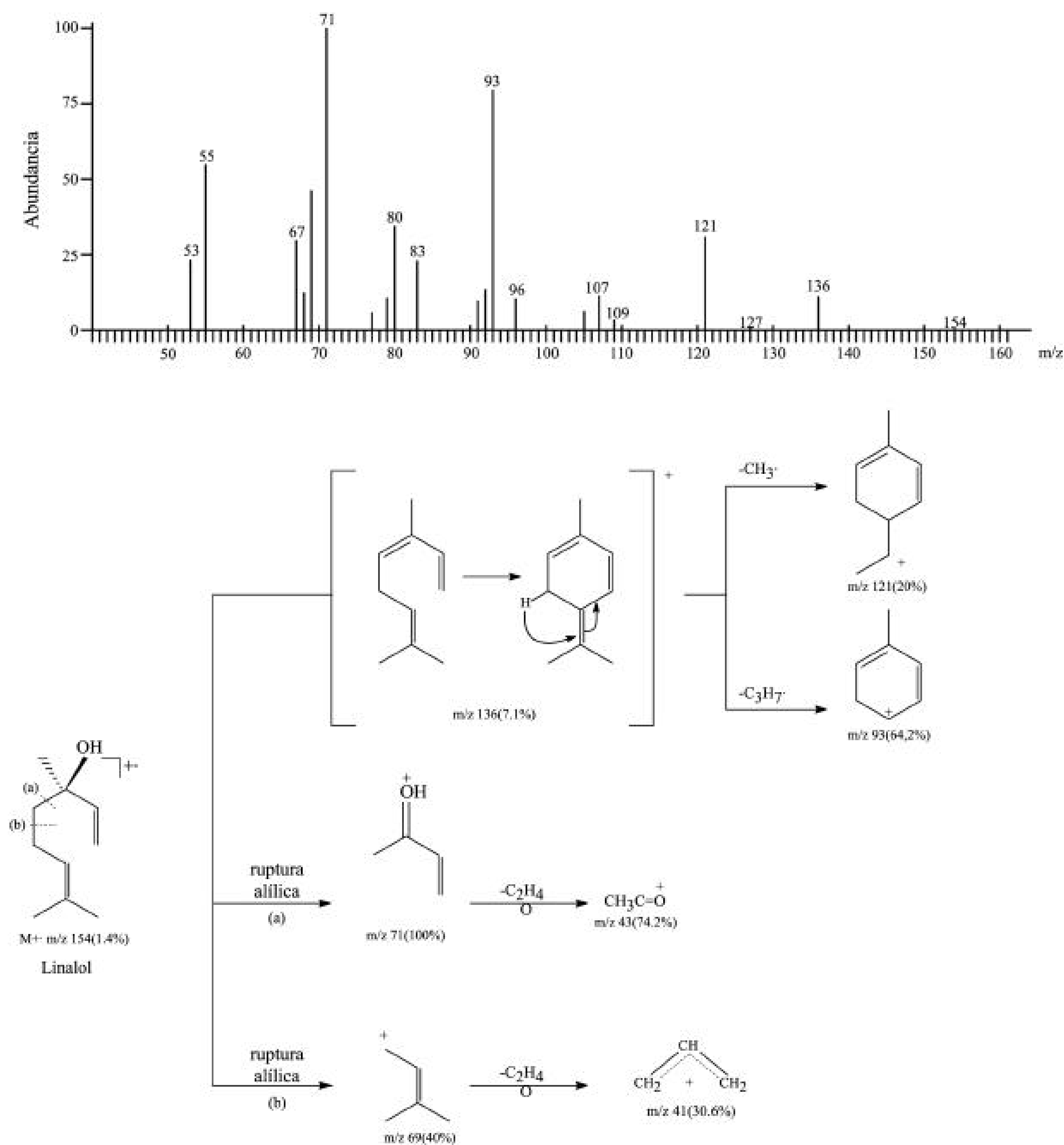
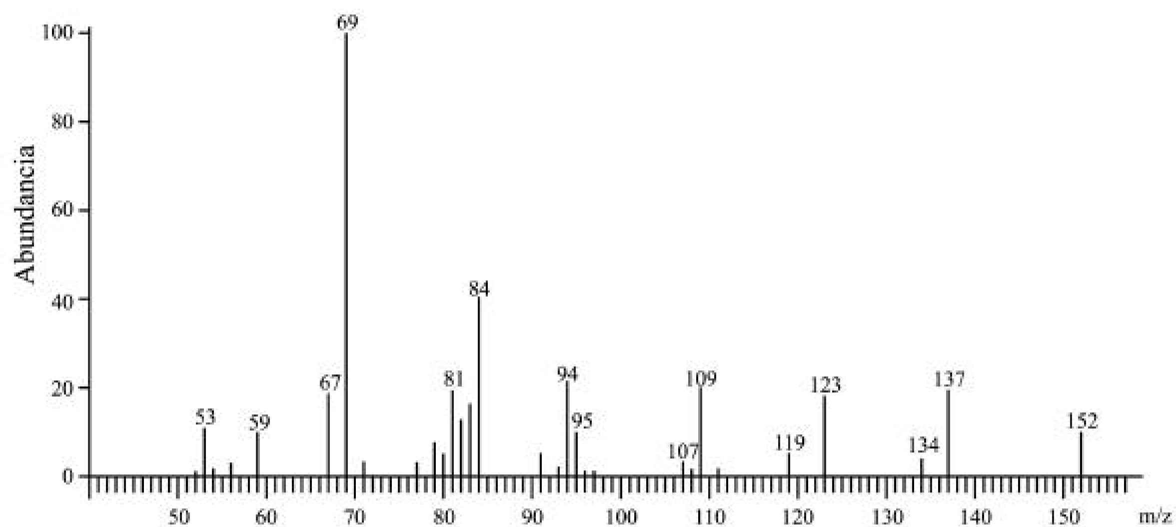


Figura 9. Espectro de masas y esquema de fragmentación del linalol.



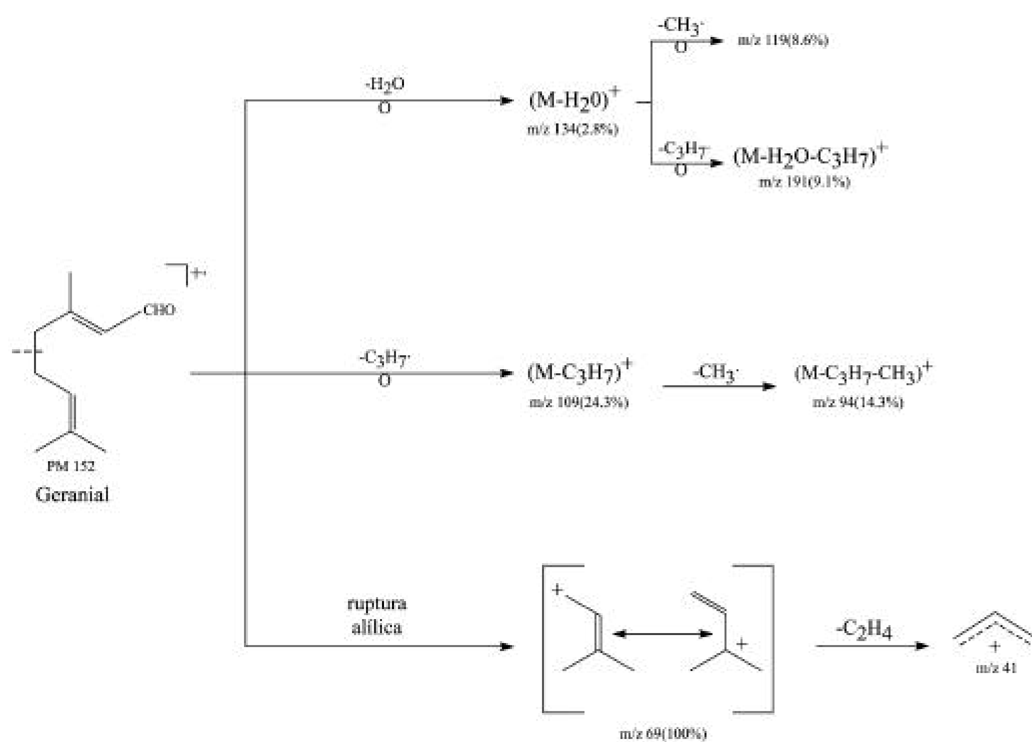


Figura 10. Espectro de masas y fragmentación del geranial.

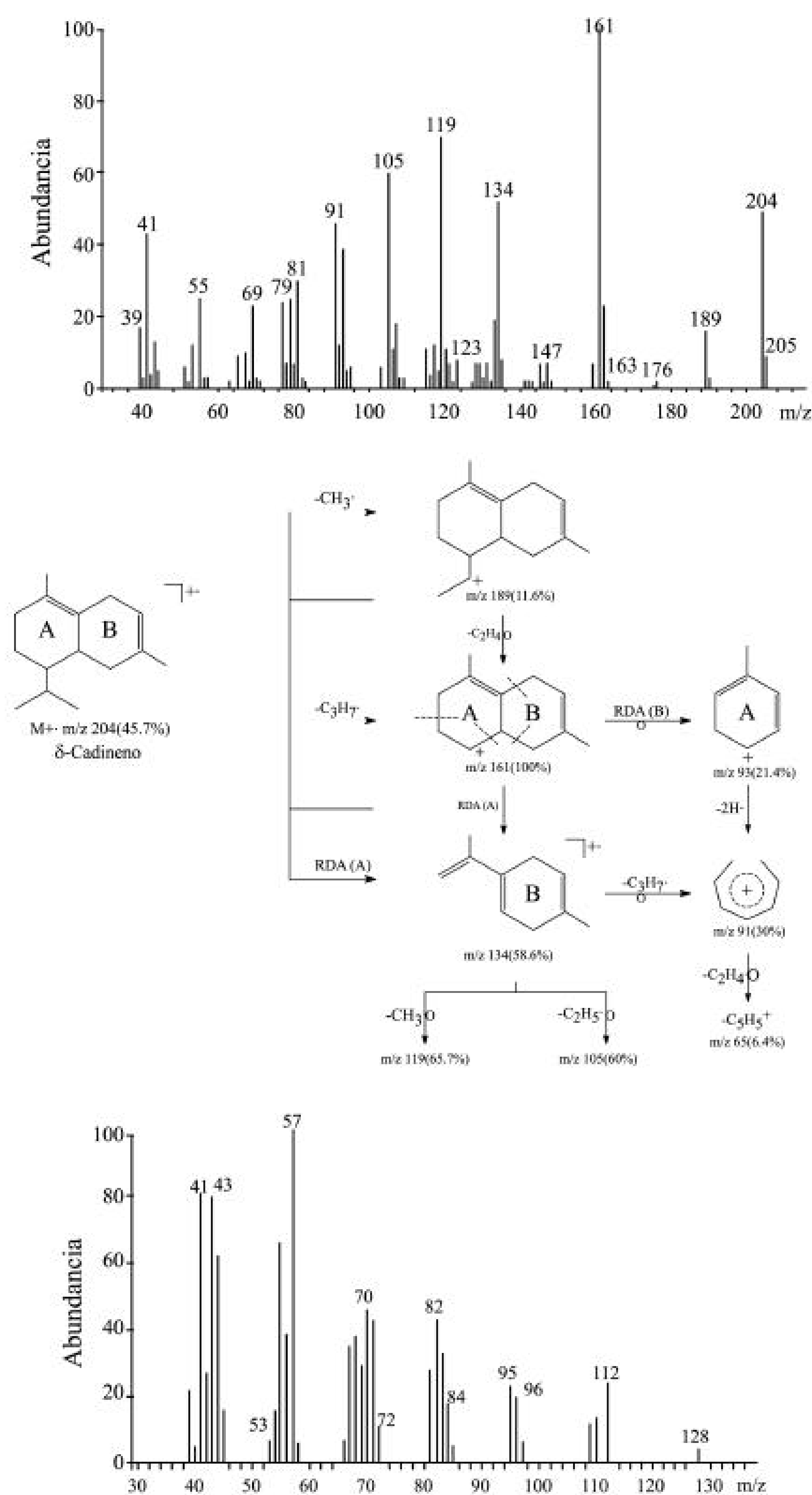
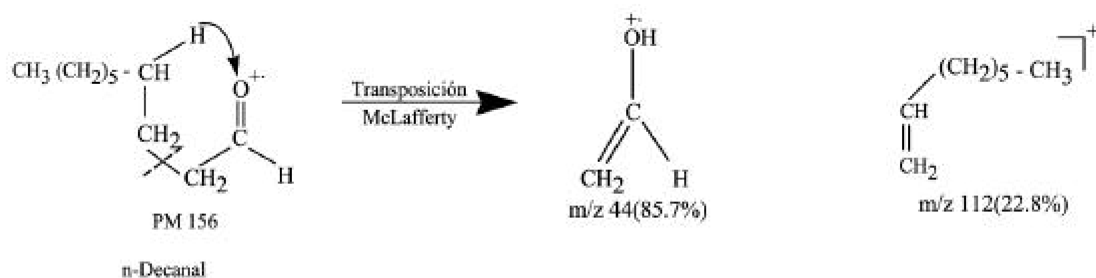


Figura 11. Espectro de masas y fragmentación del d-cadineno.

Transposición de McLafferty:



Formación de los iones hidrocarbonados a partir del fragmento m/z 112.

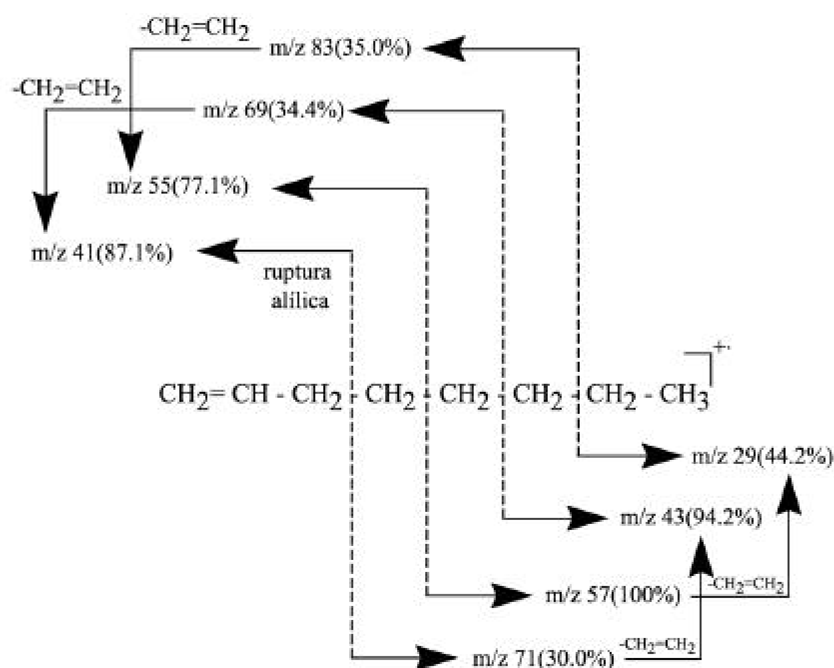


Figura 12. Espectro de masas y fragmentación del n-decanal.

Cromatografía en fase gaseosa acoplada a espectroscopía infrarroja

Las bandas de absorción que aparecen en un espectro infrarrojo (IR) informan sobre la energía absorbida por las diferentes formas en que pueden vibrar las moléculas constituyentes de la muestra, tales como variaciones en la longitud de los enlaces, torsiones y variaciones angulares.

El análisis del aceite esencial directamente mediante IR puede representar una ayuda rápida para **identificar los principales grupos funcionales presentes en la mezcla**. Sin embargo, la naturaleza ancha de las señales que constituyen el espectro conduce a una muy baja resolución cuando se tienen mezclas de compuestos químicamente similares, tal como es común en el caso de los aceites esenciales. Resulta por tanto, de una utilidad muy limitada para identificar los componentes individuales del aceite esencial. Su utilización se circunscribe actualmente al control de calidad.

Una técnica analítica bastante más potente se obtiene al acoplar la **cromatografía de gases con la espectroscopía infrarroja** por transformada de Fourier (CG-FTIR). La corriente de gas que sale de la columna cromatográfica se dirige, por medio de líneas de transferencia calentadas, hasta una celda para gases o hasta un tubo de luz. Típicamente éste está hecho de acero inoxidable, vidrio o cuarzo, con un recubrimiento interior en oro y con ventanas transparentes a la luz infrarroja (KBr). Para obtener el espectro de los componentes de la mezcla gaseosa que circula por el tubo de luz, se hace pasar luz infrarroja desde una de las ventanas del tubo y en el otro extremo se instala un detector altamente sensible, cuya señal se analiza por el método de la transformada de Fourier (interferometría). Luego de atravesar el tubo de luz, la corriente gaseosa se lleva a un detector convencional de cromatografía de gases. De esta manera, se obtiene el cromatograma de la muestra y los espectros infrarrojo de sus constituyentes. Como ejemplo, en la Figura 13 se muestra el espectro IR del acetato de linalilo obtenido con un equipo de CG-FTIR.

Debemos tener en cuenta que los espectros IR obtenidos son de compuestos en fase vapor. Por ello, en el paso final del análisis, que es la búsqueda automática de los espectros infrarrojo de los picos del cromatograma en una biblioteca de espectros de compuestos patrón, no pueden utilizarse las bibliotecas clásicas, sino las registradas también en fase vapor. Esta limitación está siendo subsanada con la creciente disponibilidad de bibliotecas de espectros IR en fase vapor de compuestos puros.

La mayoría de los productos naturales, tales como aceites, carbones y destilados del petróleo, contienen muchos compuestos isoméricos. Debido a que la mayoría de estos isómeros difieren en sus espectros infrarrojo, la metodología GC-FTIR se presta para su estudio.

La aplicación de esta metodología a los aceites esenciales comenzó a principios de la década de los 80, inicialmente con columnas empacadas y posteriormente con columnas capilares de alta resolución. El análisis de la composición de los aceites y el estudio de su variación como resultado de procesos químicos como por ejemplo, la degradación, se ven facilitados por la posibilidad que permite el método GC-FTIR de procesar los datos para obtener cromatogramas en los cuales aparezcan únicamente compuestos que poseen un mismo grupo funcional. De esta manera se pueden estudiar independientemente, por ejemplo, los alcoholes y las cetonas, presentes en un aceite.

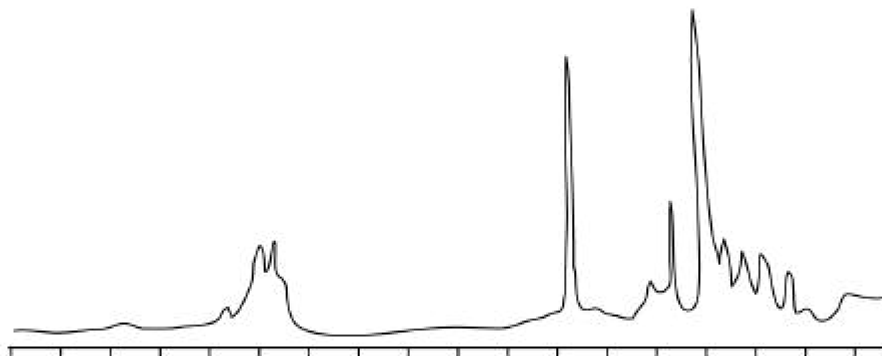


Figura 13. Espectro infrarrojo del acetato de linalilo obtenido en fase gaseosa mediante un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrofotómetro infrarrojo (CG-FTIR). La disposición de las bandas es invertida respecto a la apariencia clásica de los espectros IR.

Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)

No cabe duda que hoy en día la espectroscopía de resonancia magnética nuclear es uno de los métodos instrumentales de análisis más importantes, con aplicaciones no sólo en la química sino también en la física, la biología y la medicina. En la química de productos naturales, la RMN se ha aplicado principalmente a la elucidación estructural de moléculas una vez aisladas y purificadas. La aplicación de la RMN al análisis de mezclas es relativamente poco frecuente. Sin embargo, en el campo de los aceites esenciales, la RMN ha demostrado una utilidad excepcional.

La RMN es un método no destructivo que nos da información sobre la estructura y la composición química de una muestra gracias al estudio de la forma como ésta absorbe energía cuando se halla dentro de un campo magnético. La energía absorbida está asociada con cambios en la orientación de aquellos núcleos atómicos que se ordenan en respuesta a un campo aplicado. En particular, son de interés el hidrógeno y el isótopo del carbono de peso atómico 13 (con una abundancia del 1,1 %), porque se comportan como pequeños imanes y se orientan paralela o antiparalelamente a la dirección del campo magnético aplicado. La RMN nos proporciona información sobre el tipo y entorno químico de los protones de una muestra, en el caso de la RMN de protón (^{1}H-RMN), o de los carbonos, en el caso de la RMN de carbono 13 (^{13}C-RMN).

En el espectro de RMN se distinguen diferentes regiones, que están asociadas con ambientes químicos similares para los núcleos que forman parte del mismo tipo de grupo funcional. Por ejemplo, los hidrógenos de los grupos CH_3 aparecen en el extremo derecho del espectro, mientras que los hidrógenos de los grupos aldehído (R-CHO) aparecen en el extremo opuesto.

Para la identificación de los componentes de los aceites esenciales se utiliza la ^{13}C-RMN. El espectro se puede registrar directamente con la totalidad de la esencia, sin realizar ninguna separación previa, y seguidamente se comparan los datos espectroscópicos con los de las sustancias de referencia. Se trata, pues, de atribuir las señales de resonancia de cada uno de los carbonos de cada componente a partir de un espectro único, que es el espectro de la mezcla. Se prefiere utilizar el carbono-13 frente a otros núcleos, a pesar de su poca abundancia isotópica, por las siguientes razones (Bradesi y col., 1996a):

• El carbono constituye el esqueleto de todas las moléculas orgánicas y cualquier variación estructural se traduce en una variación más o menos importante, pero mensurable, de los desplazamientos químicos de casi la totalidad de los carbonos de la molécula.

• Los espectros de ^{13}C-RMN se simplifican mediante desacoplamiento total de los protones, lo que permite observar en el espectro una sola señal de resonancia para cada carbono. En esas condiciones es posible distinguir señales separadas 0,01 ppm o incluso menos.

• La mejor resolución. La resonancia de los carbonos se extiende sobre 240 ppm, mientras que la de los protones lo hace sobre 12 ppm, solamente.

Los primeros trabajos sobre la identificación de componentes de mezclas complejas por ^{13}C-RMN fueron realizados con aceites esenciales por Formácek y Kubeczka (1982). Estos autores analizaron varias decenas de aceites esenciales de interés industrial con la finalidad de confirmar componentes mayoritarios ya evidenciados por CG más que para identificar propiamente los constituyes. Los espectros de las esencias y de las sustancias de referencia se registraron prácticamente sin disolvente, lo que provocaba variaciones importantes entre los desplazamientos químicos de los carbonos de las sustancias de referencia puras y los correspondientes en las esencias. De ahí que en esas condiciones la técnica podía ser usada solamente con finalidad confirmatoria.

Para evitar las variaciones en los desplazamientos químicos, el espectro debe registrarse con muestras diluidas, y para que sea posible la identificación de los componentes del aceite esencial a partir del espectro ^{13}C-RMN de la mezcla, hay que identificar en este último las señales de resonancia correspondientes a los carbonos de una determinada molécula y comparar los desplazamientos químicos con los de productos puros contenidos en un banco de datos (Tomi y col., 1995; Bradesi y col., 1996a y 1996b, Salgueiro, 1995). Para ello es necesario:

• Registrar los espectros de los aceites esenciales y de los productos de referencia en las mismas condiciones experimentales, para garantizar una buena reproducibilidad.

• Utilizar un aparato que tenga suficiente resolución y que evite, en la medida de lo posible, superposiciones de picos.

• Disponer de un banco de espectros de ^{13}C-RMN adaptado a los aceites esenciales.

• Disponer de un tratamiento informático que facilite la atribución de las señales a los carbonos de los diferentes compuestos.

Dada la alta resolución disponible hoy en día con esta técnica, es posible distinguir dentro de los picos pertenecientes a una misma región del espectro aquéllos correspondientes a diferentes constituyentes del aceite esencial. Se han puesto a punto sistemas informáticos de ayuda para la identificación de los componentes de la mezcla, que permiten comparar los datos espectrales de ésta con los registrados en una biblioteca de espectros. Los parámetros empleados para identificar un compuesto en el aceite esencial son (Figura 14):

• El número de carbonos identificados.

• El número de superposiciones.

• Las diferencias en el desplazamiento químico de cada carbón entre el espectro de la esencia y el de la sustancia de referencia.

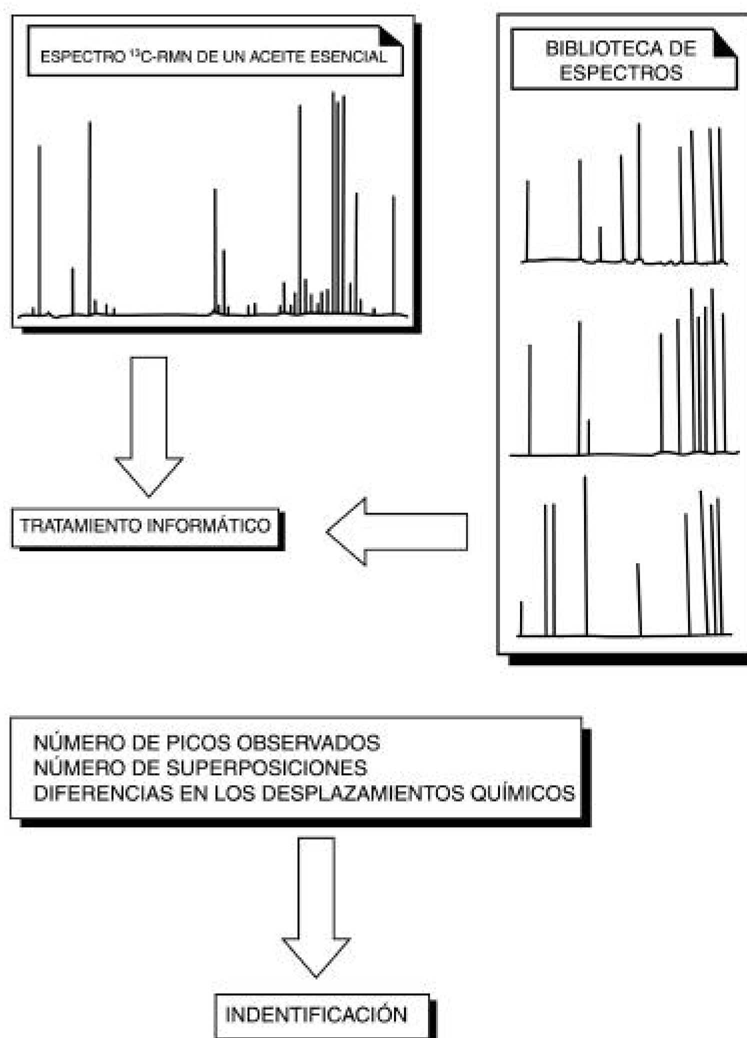


Figura 14. Análisis de la composición de un aceite esencial por análisis directo por ^{13}C-RMN

Permite la identificación de componentes hasta un límite inferior de concentración del 0,5-1 %. Es particularmente útil en la distinción entre estereoisómeros cuyos índices de retención y espectros de masas sean muy parecidos. Adicionalmente, con la ayuda de reactivos quirales de desplazamiento, se ha aplicado con éxito a la diferenciación enantiomérica de los componentes de aceites esenciales (Ristorcelli y col., 1997 y 1998).

A través del estudio del comportamiento de las intensidades de las señales, es posible utilizar esta técnica para supervisar cambios cualitativos y cuantitativos en la composición química de un aceite esencial, por lo que se ha aplicado a estudios de variabilidad infraespecífica. También ha resultado una herramienta muy útil en la industria de sabores y fragancias para determinar el origen de ciertos compuestos que pueden ser aislados de distintas especies vegetales o aún por vía sintética. La técnica consiste básicamente en analizar el contenido isotópico correspondiente a cada uno de los carbonos de la molécula. Un ejemplo es el aldehido benzoico (Sommer, 2000), constituyente casi único de la esencia de almendras amargas (*Prunus armeniaca L.*), pero también

presente en el aceite esencial de cassia (*Cinnamomum aromaticum Nees.*), y sintetizados por diversas vías a partir del toluol o del cloruro de bencilo.

Combinación de técnicas y otros recursos

La identificación de un componente de un aceite esencial mediante una sola técnica de las descritas no suele considerarse suficientemente fiable. Normalmente se combinan varias de ellas, tal como puede verse en el esquema de la Figura 15. Para que una sustancia se considere correctamente identificada deben haberse obtenido resultados coherentes con esa identificación en un mínimo de dos técnicas, empleando por ejemplo en el caso de la cromatografía de gases dos columnas de distinta polaridad.

La combinación más frecuentemente utilizada es el análisis del aceite esencial por CG para determinación de los índices de retención y por CG-EM para el registro de los espectros de masas. Esta combinación da buenos resultados en general y existen numerosos ejemplos de ello en la literatura científica, con porcentajes de identificación que pueden superar fácilmente el 90% e incluso acercarse al 100% (Adzet y col., 1988, 1989a, 1991; Cañigueral y col., 1989; Valenzuela y col., 1992). La adición de una tercera técnica, particularmente la ^{13}C-RMN, mejora mucho la fiabilidad de los resultados y la capacidad de identificación de componentes poco frecuentes.

Cuando con estas combinaciones queda todavía pendiente de identificación una parte importante de la muestra, podemos recurrir al fraccionamiento del aceite esencial por diversas técnicas (Kubeczka, 1985; Vila, 1987). La más empleada es la cromatografía en columna. Como fase estacionaria se utiliza generalmente alúmina (Al_2O_3) o silicagel, previamente desactivadas con agua para impedir isomerizaciones de los componentes de la muestra (Scheffer y Baerheim-Svednsen, 1975; Scheffer y col., 1976 y 1977; Adzet y col., 1989b). También es útil el uso de la cromatografía preparativa de alta resolución, o como se la conoce con sus siglas en inglés: PHPLC (*Preparative high perfomance liquid chromatography*)(Chamblee y col., 1985), empleando columnas de fase normal. Las fracciones obtenidas, menos complejas que el aceite esencial inicial, se analizan por los métodos descritos en los apartados anteriores.

Finalmente, si las estrategias anteriores no han permitido llegar a la caracterización de algún componente de particular interés (desde el punto de vista cualitativo o cuantitativo), es necesario aislarlo y, una vez purificado, determinar su estructura empleando las técnicas espectroscópicas habituales (UV-Vis, IR, EM, RMN). Para la purificación, puede emplearse la formación de derivados, la destilación fraccionada o las técnicas cromatográficas preparativas (Kubeczka, 1985). Entre estas últimas se destaca la cromatografía en columna clásica, combinando diferentes fases estacionarias (silicagel, Al_2O_3, Sephadex® LH-20) en sucesivas etapas cromatográficas, como se describe, por ejemplo, en Cañigueral y col. (1994) para el globulol a partir de la esencia de *Salvia canariensis*.

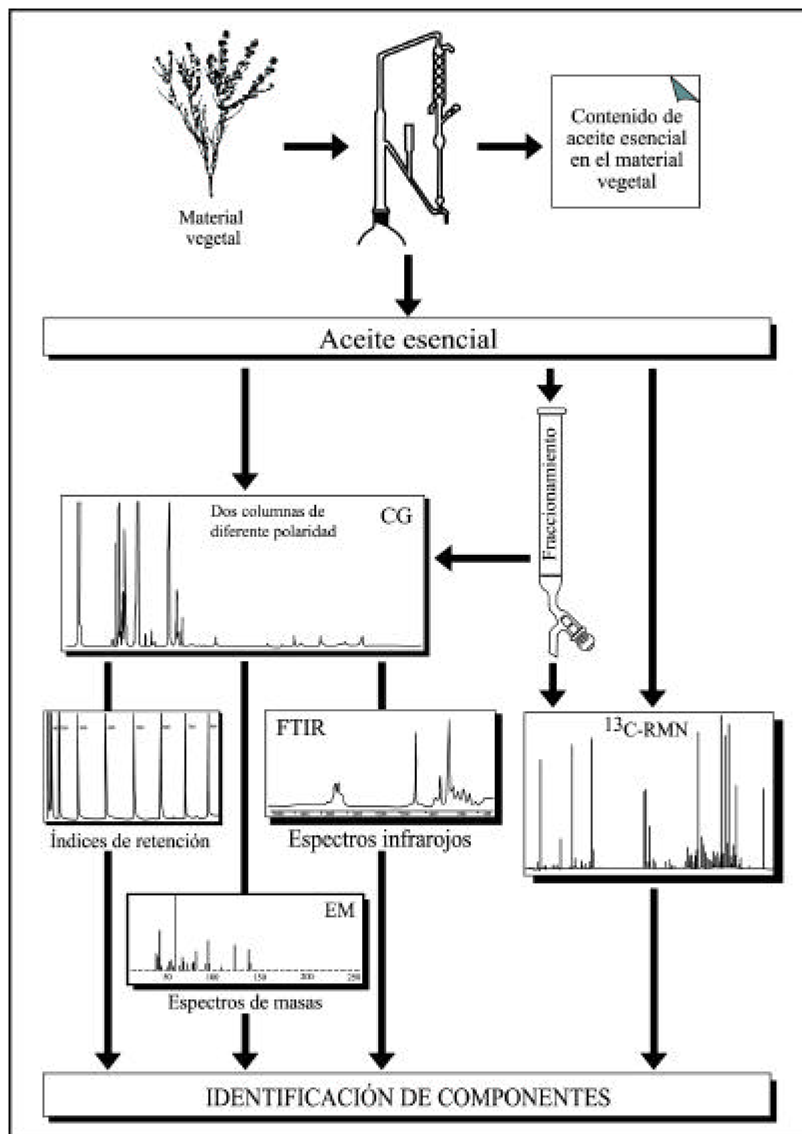


Figura 15. Esquema general de análisis del aceite esencial de una planta aromática.

Pueden emplearse también otras técnicas cromatográficas, como la CG preparativa, la HPLC o incluso sistemas de cromatografía a contra-corriente (CCC), como la CCC en gotas o la CCC locular en rotación (Kubeczka, 1985).

Control de calidad de aceites esenciales

El control de la calidad de un aceite esencial tiene como objetivo garantizar que posea unas determinadas características analíticas, y que éstas se mantengan de un lote de producción a otro. A través de un análisis se puede evaluar:

• El cumplimiento con normas de calidad.

• La detección de adulteraciones: por ejemplo el agregado de diluyentes, u otros casos como el agregado de mentol a esencias naturales de mentas, o el de terpenos cítricos a la esencia de limón.

• Discriminación de calidades: como puede ser diferenciar una esencia de Geranio de Reunión de otra de origen africano.

• Normalización de calidades: como la estandarización de una esencia de menta por mezclado de distintas partidas con diferentes calidades.

• Determinación de que el producto es realmente natural.

Las características estudiadas deben ser suficientemente descriptivas del producto para que permitan detectar aquellas desviaciones que se consideren suficientes para rechazar el lote. Se utilizan diferentes parámetros analíticos y los valores obtenidos para una muestra se comparan con los establecidos en la correspondiente norma, que habrá sido dictada por algún organismo de normalización o, en su defecto, por el propio interesado.

Parámetros analíticos empleados en el control de calidad de aceites esenciales

En la Tabla 2 se resumen los principales grupos de parámetros analíticos utilizados para valorar la calidad de un aceite esencial. Se clasifican en seis tipos, que van desde las características organolépticas hasta las características espectroscópicas, pasando por la determinación de constantes físicas e índices químicos y el estudio del perfil cromatográfico, que incluirá la determinación cuantitativa de los principales componentes (Gaviña y Torner, 1966 y 1974; Real Farmacopea Española, 1997).

1. Características organolépticas

Las características a tener en cuenta en este apartado son el olor, el color y la apariencia. El primero de ellos reviste especial importancia, ya que muchos usos de los aceites esenciales se relacionan con el olor. El análisis olfativo de aceites esenciales se describe en otra parte de esta obra, por lo que no se va a tratar en el presente capítulo.

2. Determinaciones físicas

Se trata principalmente de la determinación de constantes físicas, entre las que se destacan densidad, el índice de refracción y el poder rotatorio.

La ***densidad*** puede determinarse con un picnómetro, un areómetro o un densitómetro electrónico. Debe indicarse la temperatura de trabajo (normalmente 20 ºC). Casi todas las esencias poseen una densidad menor que el agua (densidad <1); algunas excepciones son las esencias de clavo, canela, ajo y gaulteria.

El índice de refracción, η, puede determinarse mediante un refractómetro de Abbe o con un refractómetro electrónico y suele medirse también a 20 ºC, o de lo contrario se realiza una corrección por diferencia de temperatura. Se puede usar como aproximación la siguiente ecuación:

$$\eta \text{ (corregido)} = \eta \text{ (observado)} + 0{,}00045 \text{ (t}^{o}\text{ de lectura} - 20)$$

Este parámetro tiene interés para detectar adulteraciones y envejecimientos, y sus principales ventajas son la rapidez y sencillez con que pueden obtenerse. Existen equipos portátiles que permiten realizar esta lectura aún a campo, sin la necesidad de corriente eléctrica u otra infraestructura. Además es la técnica de elección para el seguimiento de procesos extractivos o de fraccionamiento de esencias, cuando no se dispone de un cromatógrafo.

Los componentes de los aceites esenciales con frecuencia son ópticamente activos, siendo un isómero óptico el que predomina. Por esta razón, la determinación del ***poder rotatorio*** (generalmente a 20 ºC) puede ser de gran utilidad para la detección de adulteraciones o falsificaciones.

1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	• Olor • Color • Apariencia
2. DETERMINACIONES FÍSICAS	• Densidad • Poder rotatorio • Índice de refracción • Miscibilidad en etanol • Punto de congelación • Punto de inflamación • Rango de destilación
3. ÍNDICES QUÍMICOS	• Índice de acidez • Índice de éster • Índice de saponificación • Índice de acetilo • Índice de fenoles
4. CARACTERÍSTICAS CROMATOGRÁFICAS	• Perfil cromatográfico por CG • Cuantificación de los principales componentes
5. CARACTERÍSTICAS ESPECTROSCÓPICAS	• Ultravioleta-visible • Infrarrojo
6. OTRAS DETERMINACIONES	• Pesticidas • Metales pesados

Tabla 2. Clasificación de los parámetros analíticos utilizados en el control de calidad de aceites esenciales.

La ***miscibilidad en etanol*** se estudia en alcohol de una determinada graduación. Este se va añadiendo a razón de 0,5 ml sobre una muestra de 1 ml de esencia, observando el comportamiento de esta última. Según la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997), para un alcohol de una graduación dada, el aceite esencial puede ser soluble, soluble con enturbiamiento al diluir, soluble con enturbiamiento entre n_1 y n_2 volúmenes, o bien soluble con opalescencia. La solubilidad de las esencias en alcohol da una idea de su contenido en monoterpenos: cuanto mayor sea la solubilidad, menor será el contenido de éstos en la esencia, o mayor será su contenido de compuestos oxigenados, como alcoholes o fenoles. Es además una técnica muy sencilla para detectar adulteraciones provocadas por el agregado de aceites vegetales o minerales, que son insolubles en alcohol.

La determinación del ***punto de congelación***, puede ser reflejo de la calidad de un aceite esencial. Este es el caso de la esencia de anís, cuyo punto de congelación depende del contenido en anetol, componente mayoritario de la esencia.

El ***punto de inflamación*** tiene importancia para el transporte de este tipo de materias, en relación con su peligrosidad. Existen diversos aparatos para medirlo, sin embargo los resultados no son comparables entre ellos. Como este parámetro tiene exclusivamente un valor relativo, exclusivamente en lo que hace a la manipulación del aceite esencial durante su transporte, almacenamiento o procesamiento, pero no tiene influencia sobre la calidad del producto en sí, las normas de calidad no suelen exigir su determinación.

El ***rango de destilación*** suele usarse para determinar la volatilidad de la esencia. Se controla la temperatura mínima a la cual comienza a destilar la esencia, y la temperatura máxima a la cual se destila su totalidad. También puede indicarse qué porcentajes destilan a determinados rangos de temperaturas. Se puede graficar una curva de temperaturas de ebullición en función de los volúmenes condensados (expresados en % de la esencia). Estas curvas son muy útiles para evaluar el proceso industrial de extracción de la esencia, o para diseñar un proceso de fraccionamiento de la misma por medio de una columna de rectificación. Si en la curva de destilación se observaran “escalones” o “mesetas” (es decir que a una temperatura determinada sale una cantidad significativa de esencia), esto indicaría que a esa temperatura sale una fracción con una alta pureza de composición química. Pueden incluso hacerse gráficas de destilación a distintas graduaciones de vacío.

3. Índices químicos y otras determinaciones químicas

Este apartado comprende una serie de determinaciones químicas, que se relacionan a continuación, cuya utilización va decayendo debido a la implantación de métodos instrumentales de análisis, principalmente cromatográficos y espectroscópicos, que tienen las ventajas de ser más rápidos, completos y sensibles. Sin embargo en algunos casos (por razones económicas, logísticas, etc.) siguen siendo muy útiles, y por eso se incluyen en casi todas las normas existentes.

Índice de acidez. Como su nombre lo indica, se refiere al grado de acidez de un aceite esencial y se define como el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar la acidez contenida en un gramo de aceite esencial.

Índice de éster. Indica el contenido de ésteres de la muestra. Se define como el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para saponificar los ésteres contenidos en un gramo de aceite esencial.

Índice de saponificación. Es la suma de los dos índices anteriores.

Índice de acetilo. Indica la riqueza en hidroxilos alcohólicos. Su determinación requiere un proceso de acetilación seguido de una saponificación.

Índice de fenoles. Se refiere al contenido en fenoles de un aceite esencial y ha sido utilizado para aquellas esencias con elevado contenido en este tipo de compuestos, como puede ser la de clavo (eugenol) o la de tomillo (timol y/o carvacrol). Se basa en el cambio de solubilidad que sufren los fenoles de esas esencias al formar el correspondiente fenato (en medio básico), pasando de la fase oleosa a la fase acuosa.

Otras determinaciones químicas. Mediante métodos químicos, es posible efectuar determinaciones por grupos funcionales (carbonilos, por ejemplo) o de algún componente específico, como por ejemplo timol y carvacrol o 1,8-cineol (eucaliptol).

4. Características Cromatográficas

La técnica cromatográfica más importante para el análisis de los aceites esenciales es, sin duda la cromatografía de gases (CG), que ya ha sido tratada en este mismo capítulo. En el control de calidad, la CG se utiliza para obtener el perfil cromatográfico y cuantificar los principales componentes del aceite esencial, es decir los mayoritarios o aquéllos que, sin ser mayoritarios, tengan una especial trascendencia para la calidad (responsabilidad en las propiedades olfativas, por ejemplo). Podemos también comparar el cromatograma de la muestra con un cromatograma patrón. El mayor valor de un perfil cromatográfico es que permite, ante la presencia de un componente

inusual, o ante la ausencia de un constituyente típico, el rechazo de una partida de aceite esencial.

Sin embargo, el manejo de perfiles cromatográficos para la caracterización de aceites esenciales requiere de la suficiente experiencia y criterio como para evitar malas interpretaciones o falsas conclusiones. El principal problema radica en que por un lado los aceites esenciales suelen tener una composición química sumamente compleja, lo que muchas veces supera las posibilidades analíticas del método cromatográfico simple. En algunos casos sería necesario disponer de varias columnas (polares y no polares, quirales, y para alta temperaturas de trabajo) y varios detectores (FID, de nitrógeno/fósforo, de azufre, acoplado a MS, IR, etc.), como para lograr un análisis completo que dé una idea acabada de la calidad de la esencia en estudio. Por otro lado, y paradójicamente, la cromatografía en fase gaseosa tiene una tan elevada sensibilidad, que muchas veces excede los límites necesarios para determinar si una esencia cumple o no con ciertas normas de calidad.

Por estos motivos, sigue siendo polémico el agregado de perfiles cromatográficos a las normas, pues en algunos casos no son suficientes como para legitimar una calidad, y en otros puede provocar falsas especulaciones por diferencias cualitativas o cuantitativas, sin trascendencia analítica. Es casi imposible determinar si una esencia de vainilla es natural o no por cromatografía en fase gaseosa, y dos cromatogramas de esencia de menta con distintos perfiles cromatográficos pueden ser de calidades comparables y aceptables. Más aún, una esencia de menta que no cumpla estrictamente con una norma, puede ser mucho mejor que otra que sí cumple, simplemente porque la norma no tuvo en cuenta (y difícilmente puedan siempre tenerlo) las distintas calidades asequibles. Para paliar este problema es que las normas están en constante revisión, y su actualización requiere de un cuidadoso y pragmático estudio.

La única manera de asegurarse un resultado adecuado puede ser usando patrones de referencia, es decir esencias consideradas como buenas, y a las que deberían corresponderse las sucesivas muestras. Sin embargo no debe olvidarse que la elección del patrón de referencia puede ser totalmente arbitrario, y que las esencias, como todo producto de origen natural, *siempre* tendrá diferencias. Teniendo en cuenta esto, cada patrón de referencia (o perfil de referencia) debe complementarse con rangos de aceptabilidad para cada uno de los constituyentes destacados, ponderados por la variabilidad natural del producto, y por su injerencia en la calidad y aplicación del aceite esencial. Resulta especialmente importante considerar para esto las normas ISO 11024 sobre Preparación de perfiles cromatográficos (ISO, 1998).

5. Características espectroscópicas

Se utilizan principalmente la espectroscopía ultravioleta-visible y la infrarroja. En la espectroscopía infrarroja, el perfil del espectro IR de la esencia puede emplearse como parámetro de calidad en relación a un estándar establecido. Una colección interesante de espectros IR de aceites esenciales y de algunos de sus componentes fue publicada por Bellanato e Hidalgo (1971).

6. Otras determinaciones

Merece una especial atención el análisis de **pesticidas** en aceites esenciales. Sobre estos contaminantes existe muy poca información, pero debe sí destacarse el trabajo realizado por Schilcher y col. (1997, 1998), porque resume muy bien la situación actual al respecto. Como se dicen estos autores, se supone que muchas esencias deben tener algún grado de contaminación por pesticidas, por la pavorosa difusión de su uso, su alarmante estabilidad ante factores climáticos o metabólicos y su liposolubilidad. Sin embargo no existen casi antecedentes bibliográficos que per-

mitan conocer qué grado de contaminación poseen, y esto es debido en gran parte a la extrema dilución en que pueden estar presentes y al complejo método de análisis que se requiere para su determinación. Schilcher analizó 110 muestras de aceites esenciales comerciales, principalmente entre los usados en medicina. De éstos, el 65% estaba contaminado y la mayoría de los contaminados lo estaba por más de un pesticida, siendo los clorados los más comunes. El 28% excedía los límites propuestos por la Farmacopea Europea para drogas vegetales, y muchos de los contaminados probablemente tuvieron origen en países en desarrollo o del este europeo. Sin embargo, y a pesar de estos alarmantes resultados, debe admitirse como lo hacen estos autores que las dosis y la forma de uso de un aceite esencial, aún en medicina y en alimentación, juegan a favor de las mismas, y resulta altamente improbable que surja algún problema toxicológico por esta causa.
En consideración a esto, Schilcher propone para los aceites esenciales límites de aceptabilidad superiores a los de drogas vegetales: un excesivo consumo de esencias puede ser tóxico por sí mismo, sin necesidad de que esté o no contaminado con pesticidas, y por este motivo difícilmente se llegue a utilizar cantidades que puedan ofrecer un peligro por la presencia de estos contaminantes.

Normas de calidad para aceites esenciales

Para mantener una calidad constante, es necesario fijar criterios de calidad para cada aceite esencial, es decir, definir los patrones de referencia para cada una de las determinaciones analíticas que nos permitan, por comparación, discriminar si el lote en estudio cumple o no los criterios marcados. El conjunto de estos criterios constituye la **norma de calidad**. Esta puede definirse internamente en una empresa. Sin embargo, para aquellos aceites esenciales cuya comercialización alcance cierta envergadura, es interesante definir la norma nacional y, en su caso, la internacional. Muchos países tienen su propia oficina nacional de normalización (AENOR en España, AFNOR en Francia, DIN de Alemania, IRAM de Argentina, Associação Brasileira de Normas Técnicas, el Instituto Nacional de Normalización de Chile, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, el INTN de Paraguay, etc.), mientras que en el ámbito internacional se destaca ISO (*International Organization for Standardization*), que tiene un comité técnico (ISO/TC 54) especialmente dedicado a la redacción de normas sobre aceites esenciales (Ibáñez, 1998 y 1999). También las farmacopeas, la Farmacopea Europea es un ejemplo de ello, suelen incluir monografías sobre aceites esenciales, con las correspondientes normas de calidad.

La normalización no sólo debe hacerse para cada aceite esencial, sino que también se normalizan, por ejemplo, los métodos de análisis y las condiciones de transporte, empaquetado y etiquetado. En total, ISO cuenta con unas 70 normas relacionadas con aceites esenciales y está trabajando sobre otras 60, aproximadamente (Ibáñez, 1999).

En la Tabla 3 se incluye el esquema del contenido de una norma ISO para aceites esenciales. Dicho contenido suele ser similar en las normas redactadas por otros organismos, si bien la disposición formal puede cambiar. En general, la norma incluye no sólo las características que debe cumplir el aceite esencial sino también los métodos que deben emplearse para efectuar las determinaciones analíticas. Debemos señalar que no siempre se definen todas las características de la lista, sino solamente aquéllas que sean de utilidad para el aceite esencial al que se refiera la norma.

ORGANIZATION INTERNATIONALE DE NORMALIZATION	ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

ESQUEMA DE UNA NORMA PARA ACEITES ESENCIALES

TITULO

1. OBJETIVO

2. NORMAS DE REFERENCIA

3. DEFINICIÓN

4. CARACTERÍSTICAS

4.1. Apariencia,
4.2. Color,
4.3. Olor,
4.4. Densidad relativa,
4.5. Índice de refracción,
4.6. Poder rotatorio,
4.7. Residuo de evaporación
4.8. Miscibilidad en etanol,
4.9. Punto de inflamación,
4.10. Índice de acidez
4.11. Perfil cromatográfico,
4.12. Otros.

5. TOMA DE MUESTRAS

6. MÉTODOS DE ENSAYO

7. ENVASADO, ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO

ANEXOS

* Cromatogramas típicos del análisis de la esencia por cromatografía de gases
* Otros

Tabla 3. Esquema de una norma ISO para aceites esenciales.

Normalmente, las especificaciones para un determinado aceite esencial suelen ser muy parecidas en las normas establecidas por distintos organismos. Sin embargo, pueden haber diferencias, principalmente en relación al uso final que vaya a tener la esencia. Desde ese punto de vista, se pueden distinguir cuatro destinos:

• Para fragancias: donde la calidad está determinada principalmente por las características olfativas. La industria de fragancias suele utilizar patrones propios de referencia, típicos para cada empresa, y a veces para cada producto terminado donde va a ser usado. Debe destacarse en este ámbito el rol que juegan las normas IFRA (International Fragrance Association), como determinantes de aquellos productos aromáticos que tienen restricciones o prohibición de uso.

• Para sabores o alimentación: su valor está estipulado por su sabor y olor. Las normas correspondientes están inscriptas en los Códigos Alimentarios y legislaciones

nacionales sobre alimentos. También en este caso debe recalcarse la importancia de las normas IOFI (International Organization of the Flavour Industry), que al igual que con las normas IFRA para la industria de fragancias, tratan de regular o restringir el uso de determinadas materias primas, tanto naturales como sintéticas.

• Para la industria farmacéutica y cosmética, incluida aromaterapia: la calidad está supeditada a la presencia de constituyentes activos definidos, los que deben ser cuantificados, o a su actividad farmacológica, aunque no se conozca con certeza cuál o cuáles son los principios activos. En estos casos solamente se podrá hacer una evaluación a través de un perfil cromatográfico. Las normas están dadas por las Farmacopeas oficiales, tanto nacionales, como regionales (Farmacopea Europea)o herbarias (como la Farmacopea Ufficiale italiana (1992) o la British Herbal Pharmacopoeia (1996).
Cuando el uso es cosmético, las normas más empleadas son las publicadas por FMA (Fragrance Material Association), IFRA (International Fragrance Association), y las AFNOR (Francia), ISO (Internacionales), o las normas nacionales existentes en muchos otros países.

• Para uso industrial (disolvente, agente de flotación de minerales, etc.). Son casos mucho más específicos, y las normas por ende se diferencian según las propiedades que se aprovechan de las esencias. Así, pueden ser parámetros trascendentes la densidad relativa, el rango de destilación, el color, la constante dieléctrica, su poder oxidante o el punto de inflamación, poder disolvente o el porcentaje de residuo de evaporación a determinadas temperaturas, sin importar tanto el olor, el sabor o la constitución específica de cada esencia.

Normalización de aceites esenciales nuevos

Un caso particular es la implementación de una norma de calidad para un nuevo aceite esencial. Si lo que se pretende es normalizar un aceite esencial obtenido de un nuevo origen, o por un nuevo método de extracción, o simplemente normalizar un aceite esencial que nunca antes se había comercializado, se plantea una situación de falta de experiencia, o ausencia de antecedentes, lo que imposibilita buscar criterios claros o fehacientes de calidad. Justamente lo que hay que lograr en primer lugar es disponer de suficiente cantidad de información, como para justificar la elección de un rango de calidad, tomado de una escala de valores lo más amplia posible. Es decir que lo que se necesita es disponer de:

• La mayor cantidad de información posible sobre la composición de la esencia.

• Información sobre las variables que afectan a su calidad: aspectos agrícolas, de proceso, de estabilidad, etc.

• Análisis de numerosas muestras, que sean representativas de varias cosechas, de varias destilaciones, si es factible de varios productores, que puedan representar tanto variaciones intrínsecas (quimiotipos, estados fenológicos distintos, distintas partes de la planta, etc.) como extrínsecas a la planta (variaciones climatológicas, edáficas, geográficas, etc.). Las muestras deberían ser representativas de una escala de producción y no de un análisis o de un desarrollo piloto.

• Análisis de muestras malas, consideradas como de mala calidad (envejecidas, mal destiladas, obtenidas de materiales en mal estado, o cosechados en momentos inoportunos, etc.)

• Muestras buenas, evaluadas como útiles y apropiadas para los fines que se busca.

Con esta información se puede plantear un propuesta de norma, que inicialmente quedará sujeta a discusión pública durante un tiempo prudencial, con el fin de que cualquier productor de la misma esencia que se sienta involucrado, pueda dar su opinión o sugerencias, y que permitan otorgarle a la norma el criterio más amplio posible que mantenga la calidad del producto. En los casos donde existiera una fuerte discrepancia de criterios, puede ser útil generar dos normas, una para cada criterio. Lo que siempre hay que tener en cuenta es que una norma está hecha para proteger tanto al usuario como al elaborador del producto, y el consenso entre ambas partes es necesario para que la norma tenga no solamente validez sino razón de ser.

Por último, debe tenerse en cuenta que cada vez es más solicitada una **certificación de calidad**, para contribuir a una mejor caracterización de cada producto. Si es realizado por un laboratorio independiente o debidamente habilitado permite valorizar el producto al estar respaldado por una evaluación objetiva y acreditada. Esto puede significar una ventaja competitiva para el país, al certificar una calidad que asegure la reproducibilidad de sus exportaciones. Existen algunos países productores de esencias (como Francia, Turquía, Grecia, Paraguay, etc.) que utilizan este mecanismo como un factor incuestionable de garantía de calidad, como resguardo de la confiabilidad de la producción nacional, y como medio de protección de la producción industrial nacional. Puede dar origen incluso a una denominación de origen, especificando una calidad estipulada para un origen específico.

Capitulo XII
Evaluación olfativa de aceites esenciales

En el control de calidad de aceites esenciales por parte de la industria de fragancias y sabores, la evaluación organoléptica es prioritaria y excluyente, pues está justamente evaluando las propiedades por las que es utilizada dicha esencia. El resto de los ensayos analíticos tienen como objetivo más bien confirmar la evaluación organoléptica, o detectar cualquier fraude, sustitución o problema de calidad que pase desapercibido en dicha evaluación. Describiremos en esta sección las principales características de este proceso, referido especialmente al control del olor. Muchas de las particularidades que se explicarán son similares a las observadas en la evaluación de un perfume, y esto debe ser así porque ambos productos tienen la peculiaridad de ser una combinación generalmente muy compleja de volátiles, donde la potencia y la importancia olfativa de cada uno de ellos es muy heterogénea.

El control del sabor no se describirá en este texto, porque resulta mucho más complicada su evaluación y la vinculación de sus atributos con la composición química del material evaluado. Debe tenerse en cuenta que para el sabor, el olor es solamente uno de los elementos que lo constituye, porque además contribuyen el sabor mismo, la textura del producto, su consistencia, y varios otros conceptos. Los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de una planta intervienen en su olor y en su sabor, pero para los demás características gustativas, pueden mediar muchos otros compuestos, como los azúcares, glicósidos, mucílagos, proteínas, aminoácidos, ácidos, quinonas, saponinas, taninos, etc. Hacer una evaluación química de todo este complejo metabólico realmente escapa a nuestros objetivos, y por este motivo solamente relacionamos a las plantas aromáticas con los sabores desde el punto de vista de sus olores, reconociendo que para evaluar sus sabores deberán completarse tanto sus análisis como sus estudios fitoquímicos.

El proceso de olfación y la descripción de los olores

El primer rasgo que merece explicarse es el singular léxico empleado para trabajar y para describir un olor. Cuando se quiere explicar o indicar un color o un sonido, existen parámetros de comparación que pueden dimensionarse o medirse, lo que los hace fáciles de interpretar, comparar e incluso memorizar. Sin embargo hay dos sentidos, los llamados sentidos químicos, que no pueden ser mensurados: el olfato y el gusto. No existe una unidad de medida que pueda expresar con un número cuál es el sabor del pan o el olor del jazmín. Esto tiene incluso una relación con la fisiología humana.

El proceso olfativo se produce en periodos de tiempo mínimos que involucran las etapas de: captación, reconocimiento, aprendizaje o memorización, comparación o descripción y clasificación o apreciación. Como colofón de este proceso se obtiene una *impresión olfativa*.

El olor es percibido por los receptores olfativos (proteínas) presentes en las fosas nasales, e inicia inmediatamente una compleja cadena de reacciones que, pasando por el bulbo, la corteza y el tubérculo olfatorios, llega al cerebro. En este recorrido se pueden observar interconexiones con otras estructuras neuronales, como el sistema gustativo y el hipocampo. Este último intervendría en el proceso de la memorización, y justifica en parte el hecho de que normalmente un olor queda asociado en la memoria con un recuerdo determinado. El recuerdo muy probablemente contendrá, además del olor que lo perfila, gustos, colores, sentimientos, y hasta sensaciones ajenas al olfato, como calor, hambre, alegría o imágenes relacionadas. En nuestra conciencia no queda memorizada la percepción olfativa propiamente dicha, sino una impresión subjetiva, relacionada siempre con algún otro sentido o impresión en el subconsciente; con emociones, con momentos de nuestra existencia, con sentimientos.

En los años '90 se descubrió que el órgano vomeronasal humano, del que se creía que era vestigial o estaba atrofiado en el hombre, tiene la propiedad de responder al estímulo de ciertas sustancias volátiles llamadas feromonas, como ocurre en otros animales, por lo que se lo ha llamado el *sexto sentido* (Jennings-White, 1995). Esto revolucionó el mercado de las fragancias, porque se creyó que si se pudieren descubrir las feromonas humanas se podrían usar con fines comerciales. Se llegaron a ofrecer en Estados Unidos de N. perfumes que son promocionados por su contenido en feromonas humanas. Los productos ofrecidos con estas propiedades son en general derivados esteroidales, del tipo de la androstenona, que se encuentran naturalmente en el sudor humano, o una combincación de ácidos grasos de cadena corta, y presente en la secrección vaginal de los mamíferos (Herman, 2000). Sin embargo se advirtió que la cultura occidental había excluido de su conciencia este mecanismo de comunicación olfativa, y lo había sepultado por una formación y una educación donde todo olor humano (el sudor, el aliento, la orina o el olor de los genitales por ejemplo) está considerado como despreciable y aún que debe evitarse. Pero no es así en todas las culturas, y esto es una prueba más de que conciente o inconcientemente, hay una relación entre los olores que detectamos y nuestras sensaciones y emociones (Baydar y col. 1992; Kirk-Smith, 1995). Un trabajo reciente ha demostrado por ejemplo que el ciclo menstrual de un grupo de mujeres pudo ser significativamente alterado al hacerles oler compuestos volátiles presentes en el sudor humano (Stern y col., 1998).

Aún cuando no se esté consciente de la presencia de un olor determinado en cierta circunstancia, la memoria de ese olor quedará por mucho tiempo relacionada con aquella circunstancia. Ocurre algo parecido a las ilusiones ópticas, donde el observador puede ignorar la presencia de algún elemento de la imagen, aún cuando dicho elemento esté expuesto. Al encontrarse con ese elemento latente en otras circunstancias le facilitará una relación subconsciente con la imagen original, y se transformará así en una visión subjetiva y posiblemente algo distinta de la realidad. Schopenauer dijo: *el olfato se podría definir como el sentido de la memoria*. Y Marcel Proust, hablando del olor y el sabor, dijo:*...después de la muerte de los seres, de la destrucción de las cosas...quedan para llevar el edificio inmenso del recuerdo*. Esta literaria percepción del mecanismo de memorización mediante los sentidos químicos ha hecho que en psicología se hable del *síndrome* de Proust.

Se tienen pruebas de que existen zonas específicas para olores específicos; lo que explica otros dos fenómenos: cada olor es captado como la suma de varias respuestas, y no es posible pensar en *olores primarios*, como en el caso de los colores o de los sabores. Por otro lado, la percepción de una mezcla de olores no produce una imagen olfativa sumatoria de las imágenes individuales de cada olor en particular. Y esto explica el fenómeno tan conocido por los perfumistas, que no siempre se puede predecir qué olor tendrá una mezcla de dos o más sustancias con olores conocidos. También explica que alguna esencias o un buen perfume parezcan una simple nota, un solo cuerpo, y sólo un experto catador pueda disgregarlos en sus componentes primarios.

Paradójicamente la memorización de un olor es mucho más duradera que la de una imagen, a pesar de que la vista, junto al oído, son para nuestra existencia los sistemas más importan-

tes de captación de información. El tiempo puede borrar de nuestras memorias viejas emociones y paisajes, pero sus olores los rememorarán continuamente y aún sin saberlo, viviremos condicionados por dichas experiencias. Es por esto que resulta más fácil sustantivar un olor con un recuerdo o con un estado de ánimo, que con un término definido. Es casi imposible recordar un olor por su identificación semántica.

El olfato, como el gusto, son llamados *sentidos químicos* debido a que son capaces de distinguir estructuras químicas diferentes, efecto realmente muy difícil de mensurar. La olfación es un fenómeno químico que se traduce en un proceso del tipo llave-cerradura (es decir que una estructura molecular se relaciona con otra que tiene en alguna parte de su disposición espacial una forma idéntica), iniciando así un proceso enzimático de transferencia de información. En este proceso juega un papel importante la nor-adrenalina, que es también un transportador neurológico fundamental en los momentos de alerta, vigilia o memorización. Es una prueba más de cómo se entrelazan el proceso de olfación con sistemas de captación de información ajenos al mismo, pudiendo asociarse al olor respuestas como el miedo, el placer o el hambre.

Aunque no se sabe con exactitud cómo es el mecanismo empleado para diferenciar a las distintas sustancias olorosas, la teoría más aceptada supone una estructura espacial que sería la llave que encajaría precisamente en detectores con una forma o con una función acorde, muy probablemente de naturaleza proteica. Este detector sufriría una modificación fisicoquímica tal que iniciaría el proceso de transferencia de la información a través de las neuronas correspondientes.

Repetimos que debe pensarse en varios sitios detectores para una misma estructura detectada, y se deben considerar los tiempos necesarios para la detección. El acople sustancia olorosa-detectores puede ser de distinta naturaleza según los mecanismos intervinientes: puentes de hidrógeno, cargas eléctricas, uniones lábiles, etc. Estas uniones representan una distinta facilidad o velocidad de acople / desacople, y solamente la suma de las detecciones más sus velocidades proporcionan una sensación olorosa característica. La fuerza del olor estaría relacionada con la fuerza de estas uniones.

Inclusive la calidad de un olor es altamente dependiente de la cantidad de sustancia detectada: evidentemente no todos los detectores para un olor determinado tienen el mismo umbral de sensibilidad, y esto produce una variable más al complejo proceso que involucra la caracterización o memorización de un olor.

Visto el complejo proceso que involucra la olfación, la inespecificidad de su memorización, y la imposibilidad de caracterizar a los elementos portadores de un olor determinado, se comprenderá por qué es tan difícil concretar una definición semántica de los olores. Por todos estos motivos es que en la evaluación olfativa se utiliza un léxico muy particular, que muchas veces parece ilusorio o críptico, pero que en la realidad, cuando es manejado por expertos, permite discriminar y caracterizar materiales con suficiente exactitud.

La manera más lógica de expresar olores es usando clasificaciones de los mismos. Aunque es verdad que hay innumerables propuestas de clasificación, básicamente se habla de categorías como las siguientes: etéreo, floral, frutal, verde, herbáceo, maderoso, terroso, musgoso, balsámico, animal, fenólico y repulsivo.

Etéreo es el ácido acético o la esencia de eucalipto. Floral es la esencia de rosa o el acetato de bencilo. Frutal es el butirato de amilo o el aroma de frutilla. Verde es la esencia de menta o el acetato de dimetil bencil carbinilo. Herbáceo es la esencia de romero o el acetato de bornilo. Maderoso es el cedrenol o la esencia de palo santo. Terrosa es la isopropilquinoleína y la esencia de gálbano. Musgoso son el aldehido metil fenil acético y el resinoide de musgo de encina. Balsámico son la esencia de canela y el cinamato de metilo. Animal son el escatol y la esencia de *Costus*. Fenólico es la esencia de clavo y el metil p-cresol. Repulsivo son el sulfuro de butilo y la esencia de valeriana.

En este caso se usó una clasificación personal, donde los atributos empleados están rela-

cionados con lo vegetal, pues creemos que prácticamente todos los olores pueden de alguna manera describirse con los encontrados en el reino vegetal. Pero hay otras formas de descripción de olores, por ejemplo con colores (el verde brillante de la menta o el verde opaco del vetiver, el amarillo de los cítricos, el castaño de las maderas, etc.) y con el arte de la música. Existe una estrecha relación entre el léxico usado en olfación y el empleado en música, porque hay grandes similitudes entre ambas técnicas: Las categorías enunciadas en el párrafo anterior se denominan también notas, las que unidas en una combinación como es un aceite esencial o un perfume, forman un *acorde*. A su vez estas notas o acordes pueden ser *fuertes, suaves, armoniosos, graves, agudos, persistentes*... La nota aguda del caproato de alilo o la esencia de gálbano, las notas graves del ámbar o del absoluto de mimosa, el acorde de la ionona o de la esencia de patchuli. La colección de distintas materias primas usadas en perfumería suele ubicarse delante de la mesa de trabajo del perfumista, en forma de estantes superpuestos y con forma semicircular, a semejanza de la estructura de los tubos de un órgano en el coro de una iglesia, y por ello se habla del *órgano* de materias primas, pues con él se generan los *acordes* olorosos. En este órgano es costumbre tener un sector solamente para los productos naturales (aceites esenciales, resinoides, absolutos, etc.), pues cada uno de ellos es un verdadero acorde de notas.

Pero a pesar de todo este léxico, cada vez que se quiere expresar una nota olorosa, se necesita de un sinnúmero de términos, muchas veces subjetivos, y con una enorme falta de exactitud. Solamente la experiencia puede dar una mayor claridad a esta tarea.

La técnica de evaluación olfativa

El ambiente

Se deben usar habitaciones con humedad y temperatura constantes. Es importante disponer de una humedad relativamente alta (60/80%) pues se puede así oler mucho mejor. El ambiente debe poseer una circulación mínima de aire, pero constante, que permita reemplazar continuamente cualquier contaminante, pero sin que hayan corrientes que interfieran la olfación. Suelen emplearse habitaciones con iluminación e insonorización adecuadas, para facilitar la concentración del catador o perfumista. Cuando se trabaja con un panel de catadores, cada uno debe trabajar en forma aislada del resto, para evitar ser influenciado.

El catador

En la práctica cualquier persona podría evaluar un olor. Sin embargo existen enormes diferencias entre distintos individuos para detectarlos. La sensibilidad personal para los olores es algo totalmente subjetivo e innato, y la escuelas de perfumería lo único que pueden aportar es una planificación de las memorización olfativa y dar una metodología que permita simplificar la tarea por un lado, y ampliar el espectro de posibilidades por el otro. El factor fundamental para evaluar olores es una condición innata de poder memorizar la experiencia tenida con esa labor. Existen algunas variables que pueden afectar el grado de percepción olfativa, en forma temporal o permanente. Por ejemplo:

• Casos de anosmias, o imposibilidad para detectar un olor. Las anosmias pueden ser generales o específicas: anosmias para el olor a mentol, a alcanfor, a amoníaco, etc. Se pueden producir por problemas patológicos, operaciones, accidentes, o ser innatas. Se acepta que, aunque una persona sea anósmica a determinado olor o producto cuando éste está puro, pueda con cierta práctica detectarlo en una mezcla (Sell, 2001).

• Está demostrado que existen fuertes dependencias entre la olfación y el sexo, la edad (se observa una disminución logarítmica del umbral olfativo con la edad: Venstrom y col. 1968), si la persona es fumadora o no (los fumadores tienen menor olfato), si es ciega (suelen tener el sentido del olfato y el gusto más sensible), estados patológicos o emocionales (pueden modificar la concentración, el aliento puede enmascarar olores, infecciones o irritaciones de las vías respiratorias, etc.), y los niveles de educación y cultura (la capacidad de caracterizar o comparar un nota olorosa, o la posibilidades de encontrar alguna relación intelectual con una nota olorosa está fuertemente influenciada por la sensibilidad y el nivel imaginativo del catador. Por ejemplo estímulos como la música o la pintura permiten aportar concepciones altamente deseables de apreciación, como elementos de caracterización de calidades olfativas).

• Cansancio o adaptación olfativa: es un fenómeno que se acentúa con la edad (Cometto Muñiz y col. 1995) y que consiste en una disminución de la sensibilidad hacia un olor, lo que se traduce en un aumento del umbral olfativo para una determinada sustancia o mezcla de sustancias. Esto suele ocurrir cuando se está continuamente detectando un mismo olor, y puede ser transitorio o permanente. Para evitar esto los ambientes donde se trabaja deben estar adecuados a esta actividad, y la evaluación debiera ser lo más breve posible. Una adaptación olfativa puede llegar a la saturación.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se ve la conveniencia de trabajar con un panel de perfumistas o catadores, donde por lo menos uno de ellos debería tener la experiencia suficiente como para dirigir la labor del grupo.

La técnica

Tradicionalmente para tomar una muestra del producto se emplean una pequeñas tiras de papel absorbente libres de cualquier encolante o aditivo, para permitir una rápida penetración o absorción de líquido en su fibras. El tamaño aproximado es de 12 a 15 cm por 0,5 a 1 cm.

El proceso de evaluación olfativa debe realizarse en tres tiempos, que pueden ofrecer particularidades indicadoras de los distintos componentes presentes en la esencia. En función de la distinta volatilidad de sus constituyentes, las tres etapas características son:

• **Notas de salida**. En esta etapa inicial se pueden oler los componentes más volátiles presentes en la esencia, generalmente monoterpenos, o productos con cadena carbonada chica (hasta 6 u 8 carbonos). Pero también se advierten ya productos más pesados pero con gran fuerza olfativa (el mentol en la menta por ejemplo). Si la esencia es cruda (no ha sido purificada por algún proceso industrial luego de aislada de la planta), en esta etapa suelen aparecer productos con olores muy silvestres, a veces demasiado fuertes e indeseables (sulfuros, mercaptanos, ácidos), debido a productos de descomposición de azúcares, aminoácidos y otras sustancias presentes en los vegetales.

• **Notas de cuerpo.** Después de cinco minutos aproximadamente, comienzan a olerse los componentes que tienen una volatilidad intermedia en la esencia. Este período puede ser muy variable: en la esencia de lavanda suele durar hasta un día, en el romero unas horas, en el vetiver semanas. En esta etapa se define el corazón de la esencia, la mayor parte de su personalidad olfativa.

• **Notas de fondo**. No es fácil advertir cuando comienza esta etapa, de acuerdo a lo dicho en el punto anterior, pero en muchas esencias, después de un tiempo prolongado, comienzan a

detetctarse notas aromáticas muy interesantes, que inicialmente no pueden ser individualizadas por estar enmascaradas por sustancias más fuertes y volátiles. Pero el olor de esta última porción de la esencia es trascendental para perfumería, pues hacen a la fijación de las fragancias. Entre las esencias que presentan esta singular calidad están la Salvia sclarea, el sándalo, el patchuli, y la gran mayoría de los extractos florales. Algunos de estos productos naturales pueden desprender olores durante meses, resultando en verdaderos artífices de acordes aromáticos.

Los atributos olfativos que se evalúan de una materia prima son:

• El acorde aromático y su relación con otros olores conocidos. Es la descripción del olor, que se puede realizar con distintas adjetivaciones o concepciones, tal como se explicó anteriormente. Aunque muy difícilmente dos personas caractericen un olor de la misma manera, una práctica adecuada permitirá traducir y consensuar diversas posturas. Es importante describir el acorde en las tres etapas indicadas.

• La fuerza o intensidad. Es por ejemplo explicar o demostrar que la esencia de eucalipto (evaluada en las mismas condiciones y por el mismo individuo) es más intensa que la esencia de rosa.

• La expansividad, volumen o difusividad. Muchos productos con fuerte olor tienen mucha difusividad, es decir se expanden en un ambiente rápidamente, saturándolo. Pero también otros productos con notas muy poco intensas (como la misma esencia de rosa), producen el mismo efecto, y por eso conviene evaluar qué grado de expansividad o volumen produce un aceite esencial, aparte de la determinación de su fuerza.

• El poder de fijación o perdurabilidad. Independientemente de que el olor de un aceite esencial pueda ser fuerte o no, expansivo o no, debe conocerse si perdura o no. En las mismas condiciones la esencia de eucalipto se puede oler 3 o 4 horas, pero un aceite de clavo o muchos absolutos y resinoides pueden durar varios meses en una tira de papel. Por supuesto que en perfumería un producto con gran poder fijador es altamente apreciado. Existen distintos mecanismos de fijación y distintas causas por la cual un producto aromático puede actuar como tal (Jellinek, 1978).

Obsérvese cómo estas tres características de un olor pueden definir un volumen en un espacio tridimensional, determinado por las tres variables: fuerza, que se podría expresar como la distancia hasta la que se huele un producto en la unidad de tiempo. Fijación, o el tiempo que se detecta una cantidad fija de producto. Y volumen: cuántos cm^3 de un ambiente puede saturar una cantidad fija de un producto por unidad de tiempo.

• La sustantividad, o eficacia de un producto en presencia del medio donde es usado y en las condiciones como es usado: durante el lavado de una tela, evaporado sobre la piel, mezclado en un perfume, perfumando un plástico, saborizando una bebida, etc. (Müller y col., 1992).

• La estabilidad, *per se* y junto a otros productos. Esto puede ser muy importante para justipreciar el valor de la esencia. Productos muy fácilmente oxidables o polimerizables suelen descartarse.

• Evaluación de diluciones: Cuando un producto tiene mucha fuerza olfativa, conviene

olerlo en dilución, al 10%, 1% o 0.1%. Esto permite tener una idea más real de cómo se comportará el producto dentro de una formulación en esas diluciones. Los disolventes usados son inodoros o muy poco olorosos (glicoles, ftalato de dietilo, alcohol bencílico) o etanol.

• Umbral de detección. Resulta importante conocer cuál es la dilución máxima que acepta un producto aromático a partir de la cual ya se hace perceptible. Por supuesto esto depende de la fuerza del mismo, y es una manera de cuantificar esta propiedad. En el caso de un producto complejo como son las esencias naturales, pueden existir varios umbrales, dependiendo de qué constituyente o nota olfativa de la esencia interese evaluarse.

Todo esto se relaciona con otros atributos ya vistos en otras secciones de este libro, como:

- Color
- Costo
- Disponibilidad
- Homogeneidad en la calidad
- Efectos fisiológicos probables, sobre plantas, insectos, animales o en el hombre.
- Aspectos hedónicos: preferencia, relación con costumbres u olores característicos, acorde aromático en boga, personalidad, complejidad o simplicidad del acorde, etc.

Como se explicó anteriormente, se debe oler en un tiempo breve, con cortas y repetidas aspiraciones, y dejando descansar al olfato para evitar la fatiga o el acostumbramiento. Si el olor es muy fuerte o expansivo, se debe acercar muy lentamente el papel a la nariz, y nunca se debiera tocar la cara para evitar contaminar el aire circundante de las fosas nasales. Mejor aún es tratar de *oler el ambiente* neutro donde se está, y poco a poco acercar el papel con la esencia hasta identificar alguna nota olorosa. Si se tienen que oler distintos productos, se debe empezar con el más suave y menos expansivo. Nunca debieran evaluarse demasiadas muestras, pues con el tiempo aparece el cansancio olfativo. El papel debe mojarse muy poco, no más de un centímetro, tratando de escurrir y no contaminar ni manchar la mano o el entorno donde se trabaja. Si se está haciendo una comparación de olores, se deben utilizar sendas tiras de papel impregnadas en forma similar, y se las deberán oler en forma alternativa, en lo posible desconociendo la identidad de cada una. Si se encuentra alguna diferencia se anotará en cuál tira de papel se detectó. En algunos casos puede ser importante hacer una evaluación del producto sobre materiales específicos, con el fin de evaluar su factibilidad de uso. Por ejemplo oler una esencia sobre la piel, o en combinación con otras esencias, o en una superficie caliente, o en la leche, etc.

El inconveniente más serio que presenta el control olfativo es que está fuertemente influenciado por factores subjetivos, pues en definitiva es un individuo el que determina si el producto cumple o no con la calidad exigida. Para minimizar este problema, normalmente en la industria se utilizan un grupo de panelistas para la evaluación, lo que permite expresar el resultado con un mayor grado de objetividad.

Se ha postulado una técnica por espectroscopía infrarroja para la caracterización de los olores, pero hasta ahora no parece una técnica viable (Turín, 1997).

También han aparecido en el mercado a partir de los años ‘90 algunos instrumentos llamados *narices electrónicas*, que permiten hacer este análisis dando como resultado un gráfico, el que puede usarse como perfil identificatorio del producto evaluado, y logrando así una medida de comparación. Consisten en sensores que por un efecto físico o químico sufren una modificación frente a la presencia de moléculas volátiles; esta modificación es transformada en una variación de voltaje, y estas variaciones se registran en función del tiempo o de un espacio. Existen distintos tipos de sensores: cristales de cuarzo, óxido de metales, fibras ópticas o polímeros (Neotro-

nic Scientific, 1996; Behan y col., 1990; Moy y col., 1991).

Estos instrumentos no han solucionado completamente el problema de la subjetividad de este análisis, pues si bien permiten comparar olores en forma objetiva, no pueden identificar olores, no pueden decir si una pequeña o una gran diferencia en el gráfico obtenido son significativos para la aplicación del producto, y lo peor de todo, puede ocurrir que sean sensibles a algunos compuestos inodoros, no detectados por el hombre. Sí son muy útiles para una evaluación rápida y preliminar, y para comparar distintas partidas o producciones de un mismo material.

En 1998 ha surgido una nueva técnica para el análisis instrumental de olores: la espectrometría de masas de análisis de cabeza (*Head space mass spectrometry*), que permite identificar el producto detectado en un olor, por su espectro de masa. Aunque es muy prematuro pronosticar el éxito que podrá tener esta técnica, parece corregir varias de las limitaciones que presentan los equipos citados precedentemente.

Resultados

Pueden perseguirse varios objetivos en la evaluación olfativa, pero los más comunes son:

• Definir un olor:

• **Caracterizar olfativamente un producto**. Se pretende describir al producto por sus características olfativas. El resultado es una descripción verbal del olor del producto. Para este caso, es necesario poseer una muy amplia experiencia en perfumería, pues se necesita memorizar la mayor cantidad de olores distintos, y el manejo del correspondiente léxico, para poder discriminar o relacionar el que se evalúa del espectro de olores conocidos.

• **Evaluar la estabilidad del producto**. Se analizan las posibles variaciones del producto en función de parámetros como la luz, la temperatura, presencia de sustancias oxidantes o reductoras, en formulaciones o envases específicos, etc.

• Comparar un olor:

• **Determinar su calidad**. Se compara el perfil olfativo del producto, tomando como referencia una muestra patrón, una serie de patrones, o una serie de productos semejantes o sustituyentes del producto a evaluar. El resultado puede ser: cumple o no cumple con el patrón; u *olor semejante a...*, u *olor entre...y....*Como el resultado es una comparación, lo que se buscan son diferencias: con un patrón o con una serie o gradiente de calidades. Es una tarea realmente compleja: cualquiera podría diferenciar una menta inglesa de una menta spearmint, pero solamente un conocedor del tema puede evaluar entre dos mentas inglesas de distintas cosechas.

En aquellos casos donde se analizan muchas muestras similares, resulta muy práctico efectuar dos evaluaciones sensoriales sucesivas: en la primera se obtiene como resultado una simple evaluación de la comparación entre las muestras. En una segunda etapa, y ya detectada la muestra distinta, o las dos más parecidas, o la mejor, se tratará de afinar la descripción inicial (cuál es más fuerte, o más floral, o más expansiva), solicitando a cada catador una nueva comparación con menor cantidad de muestras, o una más detallada descripción de las diferencias o una precisión en la identidad con un patrón de referencia.

La evaluación organoléptica de un olor puede tener como objetivo tanto su *control de calidad*, como el determinar la *preferencia* de los usuarios por el mismo, es decir analizar el gusto del consumidor entre distintos olores o para un olor en particular. En este caso no se trabaja con evaluadores expertos, sino todo lo contrario, con personas elegidas exclusivamente en función de su

identificación con algún parámetro o elemento representativo del mercado: por ejemplo chicos de 10 a 15 años, fumadores, consumidores del alto nivel económico, hombres de raza negra, amas de casa o deportistas.

Informe y registro

Una de las técnicas empleadas para evitar las dificultades de descripción de olores, es mediante el uso de gráficas, colores, descriptores especiales y los llamados osmogramas. Acá tampoco existe una unidad de criterio y son muchas las soluciones planteadas por las distintas empresas o expertos, pero casi todas plantean un mismo concepto gráfico. Consiste en representar sobre un plano (ordenadas, cuadrícula, círculo, gráfico de barras, etc) las notas olorosas comunes por un lado, y una escala arbitraria que permita ponderar para cada nota cuál es su intensidad en el producto evaluado. Juntando los puntos elegidos para cada nota olfativa, se logra un línea continua con una determinada forma, la que es representativa del olor analizado Es muy común que estos gráficos utilicen también colores representativos de cada nota o de la fuerza de cada nota, para hacer más evidente el perfil del olor. Otra posibilidad es basarse en una lista lo más amplia posible pero acotada de descriptores, como se describió anteriormente. La caracterización del olor se hace seleccionando los mejores descriptores, en orden de importancia.

Por último, otra posibilidad es utilizar los análisis realizados por cromatografía en fase gaseosa, donde quedan representados cada uno de los componentes volátiles de una esencia por un pico. Cada pico es olido en la salida del detector mismo del cromatógrafo, y así a cada pico se lo puede identificar por su olor. Este método no da una idea cabal de cómo es el olor total de la esencia, pero sí permite conocer cuántas notas olfativas intervienen, y muchas veces se puede reconocer cuáles son los componentes que las generan.

Existen normas que permiten ajustar todas estas condiciones de trabajo y detallan las técnicas estadísticas, de tal manera de minimizar errores de procedimiento y de lectura. Para este fin las normas ISO (adoptadas también por las normas IRAM argentinas) sobre análisis sensorial resultan de fundamental importancia (IRAM, 1995). También puede ser de interés la publicación que el CIID ha editado para la evaluación sensorial de alimentos (Watts y col., 1992).

Capitulo XIII

Pautas para el desarrollo de un nuevo emprendimiento con plantas aromáticas

En un capítulo anterior se describieron los mecanismos para la identificación, caracterización y evaluación de un nuevo aceite esencial, y la forma de documentar su propiedades y sus posibilidades comerciales. Se dijo que a partir de ese punto, ya delimitado el producto, debería iniciarse una segunda etapa en el desarrollo de un proyecto tendiente a su elaboración, donde debería evaluarse la factibilidad técnica y económica de producirlo, junto a la oportunidad y rentabilidad del proyecto. En este capítulo se analizará la estrategia para esta segunda etapa.

Lawrence (1993) propuso un esquema de trabajo para este mismo fin, planteando cinco etapas de desarrollo del programa a realizar:

- Evaluación de especies en pequeñas pruebas.
- Escalamiento a pruebas agronómicas con algunas hileras de plantas.
- Ensayos en pequeña escala agrícola.
- Manejo de una producción piloto de aceite esencial
- Desarrollo de una escala agroindustrial competitiva.

Con esta gradación de las tareas se garantiza una toma de experiencias progresiva, y una mayor seguridad en la sucesivas etapas de expansión del emprendimiento.

Los determinantes de una correcta selección de cultivo y gestión comercial pueden resumirse en:

- Buen desarrollo biomásico de la planta en el lugar y condiciones elegidos.
- Conocimiento del paquete tecnológico, tanto agrícola como industrial.
- Buen rendimiento de aceite esencial por hectárea.
- Buena calidad de aceite esencial.
- Uniformidad en el rendimiento y en la calidad del producto, en sucesivas cosechas.
- Costo competitivo
- Escala de trabajo apropiada
- Buen manejo del mercado
- Rentabilidad adecuada

Si se cumplen todos estos requisitos, es que se ha elegido una alternativa válida, capaz de competir con otros cultivos y otros productos.

Pero veamos cuáles son los factores claves que definirán el éxito o las ventajas de un proyecto de este tipo.

Factibilidad técnica del emprendimiento

La experiencia demuestra que lo primero que debe cuestionarse un nuevo emprendedor, es si dispone de los recursos técnicos necesarios para desarrollar un nuevo proyecto (Cunningham, 1997). Y en este punto debiera diferenciarse muy bien dos posibilidades: el emprendedor que se inicia en el tema de las plantas aromáticas, y aquél que ya conoce y participa del tema, y simplemente quiere expandir o diversificar su producción. Para este último caso, muchas de las etapas que se plantearán de aquí en más son ya conocidas y por lo tanto prescindentes. Pero en algunas instancias se verán ciertas consideraciones que conciernen justamente a estos casos.

Qué se entiende por recursos técnicos necesarios? Debieran incluirse las disponibilidades de los siguientes, entre los principales:

• **Tierras adecuadas**, con la calidad y en la cantidad necesaria. Toda planta aromática tiene exigencias en cuanto a tipo de suelos, climas o requerimientos de luz y agua, entre otros. Por consiguiente si lo que se pretende es producir un determinado producto a partir de estas plantas, el primer recurso condicionante de su calidad y rentabilidad es la disponibilidad de tierras adecuadas. Este punto es de tal trascendencia, que puede representar el factor protagónico para iniciar un nuevo emprendimiento, de mayor envergadura aún que la selección del material a producir. Algunas regiones agrícolas son ideales para la producción de ciertas aromáticas: Por la calidad de sus tierras; por el clima; por la ventaja de estar rodeado de una región tradicionalmente productora de aromáticas y por lo tanto disponer de la experiencia y la infraestructura necesarias; por la posibilidad de utilizar el cultivo de aromáticas como un cultivo alternativo o asociado a otras producciones agrícolas ya existentes (olivares, noguerales, explotación apícola, aprovechamiento de especies cultivadas como protectoras de vientos); por la cercanía de campos cubiertos naturalmente con especies aromáticas aprovechables; por la posibilidad de asociarse a productores vecinos en zonas de minifundios; etc.

• Si se pretende explotar una población natural de alguna especie, debe evaluarse la disponibilidad de los **recursos genéticos homogéneos necesarios**, sin amenazar la sustentabilidad de los mismos. Se entiende por recursos genéticos homogéneos aquéllos que como resultado de un estudio analítico profundo, demuestran poseer las mismas características tanto en la generación y calidad de biomasa, como en la producción y calidad de aceites esenciales, y en su comportamiento agronómico. En este caso juega un papel preponderante la cercanía de las poblaciones silvestres explotables a la zona de procesamiento.

• **Infraestructura agrícola** para manejar el cultivo: maquinaria, sistemas de riego, agroquímicos, depósitos, etc.

• **Infraestructura industrial**, tanto para el acopio de la materia prima, como para el procesamiento y el almacenamiento del producto terminado. La extracción de aceites esenciales implica diferentes tipos de equipos, de acuerdo con el producto y la capacidad proyectada (destilación por arrastre con vapor, hidrodestilación, extracción por solventes). El equipamiento de extracción puede ser administrado por el propio productor o un intermediario. También pueden ser controladas por compañías que compran materias primas a los productores, realizan la destilación bajo un contrato, y luego venden los aceites esenciales. La industria de perfumes y sabores se encuentra también involucrada en los procesos de extracción, pero fundamentalmente en aceites esenciales de alto costo, o en aquellos casos en los que se requiere de tecnología muy específica. En algunos casos la industria ha invertido en plantas de extracción en las áreas de producción, es-

tableciendo acuerdos con sus contrapartes locales

• En el caso que se pretenda explotar material silvestre, **infraestructura de caminos y transporte**. También merece evaluarse la disponibilidad de mano de obra competente para la correcta identificación y cosecha del material vegetal.

• **Infraestructura de servicios**: combustibles, agua, zonas de tratamiento o eliminación de efluentes y deshechos del proceso.

• **Recursos humanos idóneos, tanto para la parte agronómica, como industrial y comercial.** Una iniciativa integrada al desarrollo de productos basados en plantas requiere la existencia de un grupo multidisciplinario, desde el agricultor hasta el personal técnico altamente capacitado. El éxito de la interacción y cooperación de estos especialistas determinará hasta dónde la industria podrá desarrollarse. Debe tenerse siempre en cuenta que una de las limitantes principales en el desarrollo de esta industria en Latinoamérica fue la no disponibilidad de personal entrenado y la falta de esquemas propios de entrenamiento para actividades especificas.

• **Conocimientos tecnológicos apropiados en los sectores agronómico, industrial y comercial**. En este punto el primer problema que surge es el de conocer el paquete tecnológico para el cultivo de la especie a procesar. La capacidad de decidir acerca de una gestión tecnológica adaptada a las necesidades reales de cada región y la del mercado globalizado es un factor decisivo para el éxito de estos emprendimientos no tradicionales. En consecuencia la información disponible acerca de la oferta de transferencia tecnológica (tanto agrícola como industrial) es siempre importante.

• **Infraestructura para análisis y desarrollo**. Se debe disponer de viveros y un laboratorio que posea la capacidad de realizar destilaciones a escalas de laboratorio y piloto, y la posibilidad de realizar medidas de parámetros fisicoquímicos, así como análisis por cromatografia en fase gaseosa.

La calidad debe ser cimentada durante todos los procesos de producción, comenzando con la selección del material de propagación, silvestre o cultivado, hasta el producto final que llega al consumidor. Por este motivo debe diseñarse un sistema de gestión, donde todos los pasos involucrados en el proceso industrial, sean controlados en forma adecuada y estricta de modo de asegurar la calidad deseada.

• **Material genético inicial**. La adquisición de plántulas o semillas es otra etapa crucial en estos nuevos emprendimientos. La calidad del material reproductivo original es determinante de la calidad del producto final. Las disponibilidad de **viveros o parcelas experimentales** surge como una necesidad, no sólo en la primer etapa de implantación del cultivo, sino durante toda la vida útil del mismo, para optimizar el paquete tecnológico agronómico: ensayos de distintas técnicas agrícolas, densidades de siembra, espaciado de hileras, técnicas o tiempos de riego, usos de agroquímicos, fijación de tiempos de siembra y cosecha, etc.

Factibilidad económica del emprendimiento

Una vez evaluados los componentes que hacen a la disponibilidad de recursos técnicos para el emprendimiento, y llegando a una conclusión de viabilidad del proyecto, deberá analizarse

a continuación su viabilidad desde el punto de vista económico. Surgen ahora nuevos factores que deberían ser considerados:

• **Recursos económicos** propios, compartidos o crediticios.

• **Estudio del mercado**. Es fundamental saber y decidir qué producir: no se debe ofrecer lo que se tiene, sino ofrecer lo que se demanda.

Existen dos tipos claramente diferenciadas de plantas aromáticas: las tradicionales, con un mercado existente, y las nuevas especies, donde es necesario *generar la demanda*. Esto implica un gran esfuerzo en promoción, desarrollo, mercadeo y ventas. Si no se tiene experiencia en estos cultivos, necesariamente habría que iniciarse con alguna especie tradicional, de modo de adquirir la experiencia suficiente del mercado. También es importante emprender un cultivo diversificado, es decir comenzar con tres, cuatro o más especies distintas. De esta manera se tiene un mayor margen de especulación, mayor rango de oferta y se tiene una mayor independencia de las variaciones puntuales que pudiera haber en el mercado de un solo producto.

Debe evaluarse tanto el mercado nacional como el internacional, en volúmenes, precios, calidades y circuitos de comercialización.

• Definir el **tipo de producto**. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de producir más de un producto de una misma planta cultivada: básicamente se puede pensar en vender la hierba como tal, parte destilarla para obtener la esencia, procesar la esencia para obtener productos con mayor valor agregado, e incluso utilizar los desechos de producción para comercializarlos, o reelaborarlos para generar otro producto.

• Definir la **escala de producción**. Para ello deben considerarse las posibilidades técnicas de producir en términos de la infraestructura disponible, las necesidades del mercado, y las variaciones del costo de producción en función de la escala de trabajo. Se puede encarar además un monocultivo o un cultivo diversificado, y a su vez éstos pueden ser extensivos o reducidos. Finalmente se puede pensar en un cultivo diversificado o no, pero complemento de otros tradicionales.

Merece también estudiarse la factibilidad de cambios de escala una vez iniciado el proyecto, por mayor demanda, por redimensionamiento del negocio, para diversificar la producción, por adherirse a un grupo asociativo o cooperativista, etc.

• Evaluación de los costos de producción y control de calidad. Los factores más importantes a tener en cuenta son:

- Valor de la tierra o amortización de dicho capital.
- Compra de plantines, semillas, estacas, etc.
- Preparación del suelo.
- Plantación y riego en almácigo.
- Traslado a cultivo definitivo.
- Plantación a escala industrial.
- Labores culturales: riegos, rastra, carpidas, pulverizaciones, fertilización, acequias y limpieza de canales.
- Agroquímicos: abonos, pesticidas.
- Jornales de personal.
- Cosecha de primer corte.

- Rastrillada y carga o embolsado.
- Flete a planta procesadora.
- Zarandeo (si corresponde)
- Labores culturales intercultivo.
- Cosecha de segundo corte (si corresponde).
- Manejo de material de descarte.
- Costos de amortización de equipos y materiales.
- Envases
- Gastos de comercialización.
- Gastos de control de calidad

En el capítulo dedicado a los aspectos agrícolas de las plantas aromáticas, se da el ejemplo de cálculo de los márgenes bruto de producción de la menta inglesa.

Si se piensa instalar un destilador de esencias, además están los costos de:

- Compra e instalación del equipo
- Caldera.
- Tratamiento del agua (si corresponde).
- Combustible: leña, gas, fueloil, o material de descarte de destilaciones previas.
- Tratamiento o manejo de desechos y efluentes (material destilado, cenizas de leña, agua, etc.)
- Amortización de los equipos
- Purificación o tratamientos posteriores al aceite (filtros, rectificación, enfriado)
- Envases
- Gastos de flete
- Gastos de comercialización
- Mano de obra
- Gastos de control de calidad

• Evaluar los restantes costos: de inversión (instalación y desarrollo), de **mantenimiento, administrativos, financieros, y de investigación y desarrollo**.

Oportunidad del emprendimiento

Con algunas excepciones, el aprovechamiento de las plantas aromáticas en los países en desarrollo, ya sea para uso local o exportación, se ha realizado a partir de recursos naturales silvestres. Como resultado de esta práctica, muchas especies se han perdido y algunas se encuentran en peligro de extinción. Paralelamente se han producido problemas en la conservación de la biodiversidad. Por lo tanto resulta vital que el cultivo sistemático de estas plantas sea introducido de modo de conservar la biodiversidad y proteger especies en peligro.

Aún aquellos países o productores que son oferentes tradicionales de aceites esenciales se han enfrentado a muchas restricciones para ser competitivos en el mercado internacional. Algunos de los problemas más detectados fueron:

- cultivo y prácticas agrícolas inadecuadas
- materias primas de mala calidad debido a prácticas de cosecha indiscriminada y mal ma-

nejo de tratamientos post cosecha

• falta de investigación en el desarrollo de variedades de alto rendimiento, domesticación, etc.

• técnicas de procesamiento ineficientes lo que conduce a bajos rendimientos y productos de baja calidad

• falta de control de calidad de las materias primas y productos terminados

• pérdidas de energía importantes durante el procesamiento

• dificultades en el mercadeo (falta de acceso a información de mercados y contactos)

• falta de personal entrenado, y dificultades de acceso a equipamientos y tecnologías actualizadas

• no disponibilidad de fabricantes locales de equipamiento

• falta de compromiso y apoyo por parte de las autoridades gubernamentales

• falta de recursos financieros, préstamos y facilidades de crédito.

No siempre es el producto el que determina el origen de un proyecto. Algunos de los recursos tecnológicos pueden tener una trascendencia tal que el nuevo proyecto se genere a partir del mejor aprovechamiento de los mismos; y en este caso el producto pasa a ser una variable, es decir deberá seleccionarse entre los distintos productos que pueden elaborarse para encontrar el más adecuado a los recursos disponibles.

En definitiva, una vez evaluada la factibilidad técnica y económica del proyecto, y teniendo en cuenta las ventajas y oportunidades del mismo, y las posibilidades del mercado, se podrá justipreciar la oportunidad de su desarrollo. Es decir, decidir si realmente el productor tiene las condiciones necesarias para iniciar la producción.

Rentabilidad del emprendimiento

El último análisis debiera tener en cuenta el cálculo de la rentabilidad del proyecto, es decir el tiempo necesario para obtener el retorno del capital invertido y el valor agregado a la materia prima: relación costo de materia prima / costo de producto.

Pero también deben evaluarse, para el cálculo de la rentabilidad, una serie de otros factores como: el rendimiento por hectárea y por kilogramo de planta oreada, la amortización del cultivo (cuántos ciclos podrán aprovecharse con una perenne), tiempo de espera para iniciar la explotación (como en el caso de la lavanda que se destila después del tercer año de cultivada), el tiempo ocioso del destilador en el año, la posibilidad de acopio de producto terminado, cuando la demanda baje, posibilidad de rotar el cultivo de la aromática con otras producciones tradicionales, o la posibilidad de utilizar el mismo terreno para otro cultivo durante el año, etc.

Un estudio decisivo es también la comparación de precios del producto a elaborar con la tecnología elegida, en relación con productos o proyectos competitivos. Este trabajo puede hacerse desde cuatro perspectivas distintas:

• comparación con otro material vegetal de similares características (por ejemplo dos especies de *Eucalyptus* ricas en eucaliptol, o dos calidades de semillas de la planta aromática seleccionada).

• Comparación con otros cultivos que pudieran hacerse en vez del seleccionado para el proyecto (por ejemplo cultivar trigo en lugar de coriandro, o reemplazar el cultivo de la aromática seleccionada por una hortaliza, tabaco, una especie tintórea, medicinal, etc.). En este sentido

también hay que pensar, cuando se trata de cultivos de una estación, con qué cultivos alternar el uso del campo, utilizando como combustible gas en lugar de la leña.

• Comparación con la rentabilidad probable o conocida de otros procesos tecnológicos (por ejemplo cultivar en forma orgánica, mecanizando en mayor o menor grado la producción agrícola, realizando el secado del material cosechado con hornos a gas, tercerizando o compartiendo el proceso de destilación con otros productores, utilizando como combustible gas en lugar de la leña).

• Comparación con otros productos directamente competidores en el mercado (por ejemplo el alcanfor natural con el de origen sintético, el citral aislable de alguna especie autóctona con el obtenido de la *Litsea cubeba,* o el α-pineno, del obtenido de la esencia de trementina).

• Como se indicó más arriba, es importante optimizar la escala de trabajo del proyecto, y para ello se debe hacer una comparación de rentabilidades, redimensionando el proyecto en más y en menos. Para estos cálculos deberá siempre tenerse en cuenta las posibilidades o necesidades del mercado, principalmente cuando se pretende trabajar con una especie aromática nueva, donde la demanda aún no existe.

Se considera que una rentabilidad tipo en un emprendimiento de aromáticas está entre los 500 y 1000 US$/ha/año, aunque por supuesto este valor varía enormemente en función de las innumerables variables que se han ido apuntando.

Ofertas de asistencia técnica

La alta especialización del mercado de sabores y fragancias exige un conocimiento muy certero de sus características, lo que sólo puede ser ofrecido por un equipo multidisciplinario de expertos. Por ejemplo, en el caso de los aceites esenciales, la tecnología disponible es generalmente muy rudimentaria y fácilmente asequible. Sin embargo existe una oferta muy grande de novedosas tecnologías o modificaciones a las prácticas tradicionales que pueden favorecer la elaboración de un producto diferenciado. Esto no siempre es bien recibido en esta industria, y solamente un minucioso estudio del mercado podrá fundamentar la conveniencia o no de su adopción, para lo que necesariamente se requiere idoneidad y experiencia.

En el desarrollo del proyecto, podrán detectarse ventajas o recursos propios, pero también necesidades de asistencia técnica o económica. En lo que se refiere a la asistencia crediticia o financiera, no se pueden dar alternativas o mecanismos de obtención, porque cada país y aún cada región participa de un sistema económico particular, que puede ser muy distinto según el caso. Pero en el área tecnológica, sí se pueden describir algunos recursos presentes en la región, varios de ellos directamente involucrados a los participantes del Proyecto CYTED IV.6

El desarrollo industrial debe ir precedido y acompañado por un trabajo de investigación y desarrollo. Este tipo de actividades implican inversiones importantes que la mayor parte de los productores e industriales de países en desarrollo no pueden afrontar. Estos esfuerzos pueden ser realizados mediante la ayuda de instituciones oficiales o regionales de extensión y desarrollo, o con el apoyo proveniente de organizaciones no gubernamentales.

Estos tres recursos: la experiencia multidisciplinaria, la asistencia tecnológica y la infraestructura para investigación y desarrollo, pueden lograrse por diversos medios, algunos de los cuales se describen a continuación.

Contribución de las agencias de las Naciones Unidas

Luego de la reunión del grupo de expertos en la utilización de plantas medicinales nativas de la FAO / UNIDO (Expert Group Meeting on Industrial Utilization on Indigenous Medicinal Plants), que tuvo lugar en Jakarta en 1995, todas las agencias vinculadas con plantas aromáticas y medicinales (PAM) de las Naciones Unidas han hecho un progreso evidente en sus actividades relacionadas con el tema. Ese simposio fue además un excelente ejemplo de cooperación entre agencias. Las agencias que organizaron este evento fueron:

• Centro para la Transferencia Tecnológica de Asia y el Pacífico (Asian and Pacific Centre for Technology Transfer, APCTT),

• Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (Economic and Social Comission for Asia and the Pacific, ESCAP),

• Centro Internacional para la Ciencia y Alta Tecnología (International Centre for Science and High Technology, ICS),

• Oficina Regional para Asia y el Pacífico de la FAO (Regional Office for Asia and the Pacific of the Food and Agriculture Organization, FAO / RAP),

• Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (United Nations Industrial Development Organization, UNIDO).

Algunas de las actividades que permiten ejemplificar el accionar de estas agencias se indican a continuación.

• La Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y el Centro para la Transferencia Tecnológica de Asia y el Pacífico (APCTT) tienen amplia experiencia en la transferencia de tecnología con especial énfasis en demandas especificas de las áreas rurales en la región. Ambas organizaciones tienen amplia experiencia en el análisis de mercado y en el desarrollo de estrategias de mercadeo para el fortalecimiento de industrias de pequeña escala en áreas rurales.

• La Oficina Regional para Asia y el Pacífico de la FAO (FAO / RAP) ha estado involucrada en todas las áreas relacionadas con la producción de PAM, como conservación de germoplasma, criterios de propagación y cultivo. Como ejemplo, en 1993, FAO / RAP organizó la Consulta Regional de Expertos en Mejoramiento del Cultivo de Plantas Medicinales y Aromáticas (Regional Expert Consultation on Breeding Improvement of MAP) in Bangkok. A su vez, el establecimiento de la Red Asiática en Plantas Medicinales y Aromáticas (Asian Network on Medicinal and Aromatic Plants, ANMAP) ha sido muy eficiente en el intercambio de información y el establecimiento de una cooperación efectiva entre los países miembros.

• La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) ha suministrado información extensiva en el procesamiento de PAM, con especial atención a la producción de aceites esenciales. En 1991, UNIDO organizo una Consulta Regional en la Utilización Industrial de Aceites Esenciales en Asia y el Pacifico que tuvo lugar en Manila para discutir estrategias y metodologías para una aproximación sistemática e integrada para el desarrollo del sector. La consulta promovió los contactos y acrecentó el desarrollo de proyectos de asistencia técnica, de transferencia

de tecnología y de la promoción de inversiones en las áreas de compuestos aromáticos y aceites esenciales. Varios proyectos han sido implementados en Nepal, Tailandia y Vietnam. (Anónimo, 1993).

• El Centro Internacional para la Ciencia y Alta Tecnología (ICS), un cuerpo autónomo establecido conjuntamente por UNIDO y el gobierno italiano, ha organizado, en cooperación con UNIDO y la Universidad de Indonesia, un Encuentro de un Grupo de Expertos en la Explotación de Plantas Medicinales Nativas en Jakarta.

Como ejemplo concreto de las actividades realizadas por las agencias vinculadas a las Naciones Unidas, se puede mencionar el aporte de la ONUDI a la transferencia tecnológica.

Programas de asistencia al desarrollo de ONUDI
(www.unido.org, Industrial Development Abstracts Database, IDA)

Como parte de las actividades multidisciplinarias requeridas y en la promoción del mercado de productos terminados para apoyar el desarrollo de la producción de aceites esenciales, la ONUDI inició dos décadas atrás un programa integrado para asistir a países en desarrollo a iniciar programas de desarrollo tendientes a la utilización industrial de las plantas medicinales y aromáticas. Los objetivos fundamentales del programa fueron proveer de mecanismos de ayuda específicos en términos de tecnología, entrenamiento, equipamiento, servicios de consultoría, promoción de negocios y ampliar el uso local de los productos.

El logro principal de las actividades de ONUDI en este subsector ha sido el suministro de asistencia técnica. Las áreas de asistencia técnica cubren un amplio espectro de actividades, desde la selección de plantas, su cultivo, procesamiento, asesoramiento en calidad, formulación y empacado hasta el mercadeo. El grado de asistencia varia de acuerdo a las necesidades y el estado de desarrollo de esta área de actividad en un país en desarrollo. Aún cuando en algunos casos existe el deseo, entusiasmo e interés en iniciarse en esta área del procesamiento industrial, muchos países en desarrollo no tienen los recursos financieros ni la capacidad tecnológica para iniciar este tipo de actividades. La intervención oportuna de la ONUDI ha contribuido a iniciar y catalizar actividades relacionadas con esta área del desarrollo agroindustrial.

Habiendo reconocido la competencia e infraestructura disponibles en algunos países en desarrollo para fabricar equipamiento, la ONUDI ha diseñado una planta piloto polivalente (Anónimo, 1991). La oferta incluye todos los esquemas de ingeniería, junto con las especificaciones de partes, de tal forma que la planta piloto pueda ser construida en países donde se encuentre disponible el trabajo en soldadura de acero inoxidable. La ONUDI da asistencia en la adquisición de bombas, unidades de control, y otros materiales como material de empacado de columnas.

Bolivia - Centro de Tecnología Agroindustrial, Cochabamba, Bolivia
Universidad Mayor de San Simón- Programa Agroquímico CORDECO
Cpostal 992. Cochabamba, Bolivia
FAX: (591-42) 33 648 TE: (591-42) 32 548
centrote@llajta.nrc.bolnet.bo y centrote@pino.cbb.entelnet.bo

En función de la trascendencia que pueden tener su experiencia en la región, y el éxito logrado desde el punto de vista tanto económico como social, se dedica un capítulo aparte en este texto para su descripción.

Argentina

Proyecto VESA

Argentina muestra características y potencialidades edafo-climáticas y de biodiversidad vegetal que garantizan un excelente punto de partida para la conquista de nuevos mercados con nuevos productos aromáticos. El Proyecto VESA (Valorización Económica del Sector Aromático - NTP 92/15) financiado por la Unión Europea, sentó las bases, a través de procesos de investigación, formación e innovación tecnológica, para afrontar la producción y comercialización de nuevos productos aromáticos, como alternativa en la reconversión de áreas de producción tabacalera y desarrollo de actividades agroindustriales en zonas marginales y de frontera.

Este Proyecto se inició en julio de 1993 con una duración de tres años (Julio'93-Junio'96). La ejecución del mismo estuvo a cargo de la SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación - Departamento de Té, Aromáticas, Medicinales, Flores y Ornamentales). La asesoría internacional correspondió al GRET (Grupo de Investigaciones e Intercambios Tecnológicos) de Francia y a la ENEA (Ente Nacional para las Nuevas Tecnologías, la Energía y el Ambiente) de Italia. Por el lado argentino participaron también: el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), SAIPA (Sociedad Argentina para la Investigación de Productos Aromáticos), así como los Ministerios de Asuntos Agrarios de las provincias involucradas, Universidades y otras organizaciones de las regiones que abarca el Proyecto VESA.

El Proyecto, trató de desarrollar canales comerciales para las investigaciones generadas en la primera fase, con la idea central de valorizar recursos disponibles en áreas marginales y de frontera, de manera que, realizada la transferencia de los paquetes tecnológicos que hubieran sido generados, los productores de esas regiones dispusieran de alternativas de producción, transformación (con agregado de valor) y comercialización, rentables y sostenibles en el tiempo, que contribuyeran al desarrollo regional y al asentamiento de las poblaciones de esas áreas.

Al termino del proyecto VESA (Junio de 1996), se lograron algunos resultados significativos, como el sistema nacional de información-comunicación (Banco de Datos VESA) actualmente en funcionamiento. El personal nacional fue capacitado especialmente en la rama agro-económica, y los centros VESA son capaces de producir muestras industriales para el mercado internacional y de acelerar los procesos de domesticación de especies nativas.

Sociedad Argentina para la Investigación de Productos Aromáticos (SAIPA)

Dirección postal: Uruguay 821-11 piso- ofic. 2-1015 Buenos Aires, Argentina.
TE/FAX: (54-11) 4812-3609.

La *Sociedad Argentina para la Investigación de Productos Aromáticos*-SAIPA, es una asociación civil sin fines de lucro, con personería jurídica desde abril de 1993.
Entre sus objetivos se encuentran:

a) Establecer estrecha colaboración entre los distintos sectores interesados en la investigación, producción, industria y comercialización de recursos naturales aromáticos y medicinales, y productos relacionados.

b) Mantener relaciones con las personas, instituciones y organismos, privados u oficiales, del país o extranjeros, dedicados al estudio, producción, comercialización y consumo de la materias primas, los aceites esenciales y sus componentes aislados, productos sintéticos.

c) Editar una publicación oficial, órgano de la Sociedad. (ANALES DE SAIPA)

d) Sostener una biblioteca especializada.

e) Organizar reuniones, simposios, congresos, etc., de carácter público, referentes a los problemas vinculados al estudio y explotación de estos productos.

En la actualidad tiene unos 150 asociados, entre los que se cuentan profesionales, técnicos, industriales, productores, instituciones, empresas privadas productoras o usuarias de productos naturales aromáticos o medicinales, y organismos estatales y privados.

La infatigable labor de SAIPA ha sido fundamental para sobrellevar momentos críticos del sector, o auspiciar y difundir sus logros meritorios. Otro hecho que merece destacarse es el carácter multidisciplinario que siempre se ha tratado de otorgar a su labor. Entre sus asociados existen tanto ingenieros agrónomos como farmacéuticos, abogados y contadores, ingenieros químicos y biólogos. Y todas las actividades que desarrolla tratan de abarcar tanto los distintos ámbitos profesionales, como los diversos sectores sociales: la producción, la investigación, el comercio exterior, la legislación, el control oficial, los organismos de fomento nacionales y regionales, o el sector financiero.

A través de su historia, pero en mayor medida en los últimos años, ha hecho un gran esfuerzo por organizar numerosos cursos, seminarios y talleres, como un medio de hacer conocer los últimos adelantos técnicos en la materia, analizar la problemática del sector, o favorecer un intercambio franco de experiencias entre los actores mismos de esta actividad en el país. Pero no solamente organiza estas reuniones en forma unilateral, si no que también ha promovido y auspiciado otras en colaboración con otras entidades, tanto nacionales como internacionales, en nuestro país y en países hermanos (Paraguay, Bolivia, Colombia); siendo la reunión más importante organizada el Congreso Internacional WOCMAP II, con la participación de más de 1000 asistentes, en 1997 en la ciudad de Mendoza, Argentina.

También merecen una especial atención la organización de los ya tradicionales Congresos Nacionales de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales de SAIPA. Se ha tratado en cada una de estas reuniones de poner énfasis en los problemas regionales, conduciendo esta actividad a un desarrollo de la producción y la industria nacional, una contribución al mejor conocimiento de las especies aromáticas y medicinales argentinos y cultivos relacionados, asi como una expansión de exportaciones no tradicionales. Por estos motivos se eligen anualmente zonas típicas o potencialmente productoras de aromáticas o medicinales dentro del país.

En cumplimiento de los objetivos de la Sociedad, se editan periódicamente los ANALES DE SAIPA, publicación sucesora del Boletín de SAIPA, y que representa la mayor fuente de información disponible sobre plantas aromáticas y medicinales en el país. También auspicia la edición de PRENSA AROMATICA, periódico de información general sobre el sector, que distribuye en forma gratuita entre sus asociados. Se han realizado otras publicaciones en forma esporádica, como las *Conclusiones de las Jornadas de Diagnóstico del Sector de Productos Aromáticos y Medicinales de Origen Natural (1995), o los apuntes de las Segundas Jornadas de actualización en cultivos no convencionales, aromáticos y medicinales*, en mayo de 1994.

Esta entidad ha contribuido decididamente a la redacción de unas 200 normas IRAM-SAIPA, sobre productos aromáticos que en la actualidad representan la herramienta fundamental para la evaluación de calidad de los productos de origen nacional. Algunas normas, como la de esencia de *Tagetes*, o la de citronela o limón, significan una contribución no sólo a nivel regional, sino mundial, en consideración al rol preponderante que tiene nuestra producción en el mercado global.

Es innumerable la cantidad de trabajos científicos realizados gracias a la labor de SAIPA, pero lo más importante de recalcar son los vínculos significativos que preconiza entre investigadores y productores o industriales, como un mecanismo ágil de colaboración y de transferencia tecnológica.

El control de calidad de numerosos cultivos, la asistencia técnica a productores, el desarrollo de técnicas optimizadas en cooperativas o centros de investigación regionales, la asistencia bibliográfica, el intercambio de muestras y patrones, son algunas de las herramientas que se utilizan en la continua labor de la Sociedad. En virtud de toda esta labor, SAIPA se ha convertido pro-

bablemente en una de los interlocutores más idóneos para toda actividad relacionada con las plantas aromáticas en Argentina.

Brasil

En Brasil existen varios emprendimientos de notable envergadura vinculados con la producción de aceites esenciales. En particular en lo que refiere a organizaciones orientadas a la prestación de servicio se pueden mencionar dos experiencias interesantes por su enfoque y área geográfica de influencia.

PADETEC (Parque de Desenvolvimento Tecnologico)

Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil
Avenida do Contorno, s/n - Bloco 310
Caixa Postal 6022, Campus do Pici.
CEP 60451-970
Fortaleza - Ceará - Brazil
Tel : +55 85 288.9983, +55 85 288.9967 y +55 85 2872721
E-MAIL padetec@ufc.br Fax : +55 85 2874778
Internet: www.padetec.ufc.br

Entre las diferentes actividades de investigación y desarrollo del PADETEC, se encuentra el programa de estudio en aceites esenciales. Este programa tiene como objetivo el estudio y determinación de los componentes volátiles presentes en plantas aromáticas pertenecientes a la flora del Nordeste de Brasil así como en plantas exóticas cultivadas en la región para diferentes propósitos. Desde 1976 fueron estudiadas mas de 3000 muestras de aceites esenciales provenientes fundamentalmente de plantas locales. Algunos resultados fueron condensados en un libro publicado en 1981 donde además de los datos analíticos y nombres populares de las plantas, se incluyen datos acerca de los lugares de colecta de las muestras, datos acerca de los procesos de extracción, cromatograma de cada aceite con el nombre de los componentes identificados, así como información estadística acerca del mercado de aceites esenciales en Brasil. Esta publicación resume el enfoque y las actividades vinculadas a la producción de aceites esenciales del PADETEC. Ha sido actualizado en una nueva versión en disco compacto, publicado durante 1999 (PADETEC, 1999), donde se incluyen además los perfiles cromatográficos de cada esencia, los espectros de masa de los compuestos identificados, y una foto de la planta estudiada.

En particular en el aspecto analítico este centro ha desarrollado sistemas de identificación de componentes mediante programas computarizados de modo de optimizar el trabajo de identificación. En lo que refiere al sector productivo, el centro ha actuado como asesor en la creación y desarrollo de nuevos emprendimientos en el sector.

Finalmente algunos de los aceites que se estudian han mostrado una importancia real o potencial para las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria.

Polo oleoquímico de Caixas

Istituto de Biotecnologia
Universidade de Caxias do Sul
Campus Universitário de Caxias do Sul-Sede
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130-Barrio Petrópolis-CEP 95070-560
Caxias do Sul-RS-Brasil.
Tel +55 54 212 1133 . Fax +55 54 212 1049

El crecimiento de la región en torno a Caxias, polarizado por la Universidad de Caxias do

Sul determinó que la institución asumiera algunas iniciativas y estableciera metas a partir de la aprobación en 1992 del Proyecto de Regionalización de la Universidad de Caxias do Sul por parte del Consejo Federal de Educación. Más que una propuesta de regionalización, la idea se concretó por la integración de asociaciones e instituciones ya establecidas y de prestigio reconocido: Associação Pró-Ensino Superior dos Campos de Cima da Serra, Fundação Educacional da Região dos Vinhedos y los Núcleos Universitários de Guaporé, Farroupilha, Canela, Nova Prata y más recientemente Veranópolis.

El proyecto de "Extracción y transformación de aceites esenciales" del Instituto de Biotecnología (IB) es uno de los resultados concretos de los objetivos de la Regionalización de la Universidad de Caxias do Sul. Congrega agroindustrias, agricultores y comunidad científica en la búsqueda de soluciones adecuadas para el desarrollo del sector. En este sentido el Instituto de Biotecnología cuenta con viveros, cultivos experimentales, planta piloto y laboratorios de apoyo para desarrollar el trabajo de producción de aceites esenciales ya sea a partir de plantas aromáticas nativas como introducidas. El Instituto cuenta además con unidades de mejoramiento genético y laboratorios de cultivos in-vitro con lo cual puede seleccionar material a partir de los resultados de campo.

A nivel de campo experimental maneja dos opciones: parcelas experimentales controladas por asesores en cada municipio y parcelas en producción manejadas por los propios agricultores. De esta forma se ha creado un sistema de asistencia y transferencia de información y tecnología que funciona en forma fluida entre las partes involucradas.

Uruguay - COTEPA

Sede: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)- Las Brujas
Ruta 48, Km 10. Rincón del Colorado
C. Correo 33085, Las Piedras
Canelones, Uruguay
Tel. + 598 32 77641, + 598 32 77642 y + 598 32 77701 . Fax + 598 32 77609

El COTEPA es un Proyecto de Cooperación entre la Comisión Europea y la República Oriental del Uruguay para el desarrollo del sector de las plantas aromáticas en Uruguay, siglas del Centro de Orientación Técnica y Económica de las Producciones Aromáticas.(Proyecto URY/B7-3011/95/231). Su objetivo es la puesta en marcha en Uruguay de un Centro destinado a ser una estructura nacional permanente para favorecer la organización y desarrollo del sector de las materias aromáticas y facilitar el acceso al mercado, en particular en el Mercosur y de la Comunidad Europea, de las empresas agroindustriales del Uruguay.

El COTEPA surge de un proyecto de cooperación entre la Comisión Europea y Uruguay, con la participación de instituciones europeas, en particular el grupo de la Universidad de Barcelona que participa de nuestro Proyecto CYTED, y de las instituciones que pueden aportar su experiencia en las diferentes etapas del desarrollo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Agronomía, Facultad de Química (a través del grupo de investigación que colabora en nuestro Proyecto CYTED) y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) a través de la Unidad de Proyectos y Cooperación Técnica (UPCT), la Junta Nacional de la Granja (JUNAGRA) y el Programa de promoción de exportaciones no tradicionales (PENTA).

Las actividades del COTEPA se distribuyen en 5 módulos:

A. Area agronómica, que incluye una unidad de producción de fitomasa (viveros y parcelas de cultivo).

B. Area de transformación, con una unidad piloto de destilación para la obtención de aceites esenciales.

C. Area de definición de productos y calificación de los aceites esenciales.

D. Area de evaluación económica (factibilidad de explotación y comercialización).

E. Area de información, comunicación y asistencia técnica, destinada a la extensión y difusión de resultados.

El proyecto se inició en 1997 y tiene una duración de 3 años, tras los cuales el COTEPA deberá permanecer como una estructura capaz de desarrollar investigación aplicada y principalmente un servicio de asistencia técnica y económica para el desarrollo empresarial en todas las fases de la cadena productiva: cultivo, transformación, calificación y comercialización de los productos.

Las Instituciones y Programas participantes en el Proyecto COTEPA actúan mediante sus expertos y mediante los aportes en infraestructura, recursos humanos, medios técnicos y recursos financieros.

Las aportaciones del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), a través de la UPCT, PENTA y JUNAGRA, en recursos humanos propios y profesionales contratados a su cargo, han propiciado el desarrollo de las actividades de dirección técnica de los diferentes módulos, coordinación y evaluación en los aspectos económicos y de relación con el sector productivo. INIA ha dispuesto infraestructura, terrenos y personal de campo en la Estación Experimental Las Brujas (Departamento de Canelones), contando con 3 ha de campo experimental y viveros, galpón, equipamiento de riego, personal de campo para trabajos en el área agronómica, locales para el área de procesamiento y para el área de difusión de resultados y asistencia técnica, local para dirección de la oficina técnica y medios de comunicación. La Facultad de Agronomía ha concretado las actividades de colecta de germoplasma y material vegetal para análisis preliminares, facilitando vehículo, personal técnico y los recursos financieros necesarios para la concreción de las excursiones botánicas. La Facultad de Química, a través del equipo de destilación de laboratorio, instrumental analítico, personal técnico para la destilación y análisis de laboratorio ha permitido concretar las actividades en los ensayos de laboratorio y transformación. La Universidad de Barcelona ha dispuesto de instrumental analítico, personal técnico para los análisis de laboratorio, personal técnico para el asesoramiento y transferencia de tecnología en todos los módulos de actividades del Proyecto, así como personal técnico para la gestión y manejo del mismo.

El COTEPA realiza la difusión de sus actividades a través de seminarios técnicos anuales y visitas de los interesados al Centro. Se estima en 260 personas las que han entrado en contacto con el Proyecto en forma directa desde el inicio del Proyecto.

Se ha detectado interés tanto en actividades agronómicas como en la industrialización. Entre otras actividades, a escala agronómica el COTEPA ha oficiado de centro de divulgación de técnicas de cultivo de especies que están en franco proceso de domesticación, así como fuente bibliográfica para el cultivo de especies introducidas. Su personal técnico ha suministrado información a instituciones de asistencia crediticia en proyectos de explotación comercial de especies introducidas. En lo que respecta a la fase industrial, también se cuenta con productores interesados en la utilización del destilador como un servicio para la obtención de aceites a partir de cultivos propios.

México - CIATEJ

CIATEJ
Av. Normalistas 800
CP 44270- Ap. postal 2-91
Guadalajara, Jalisco   México
TE/FAX: (3) - 8240034 / 8241130 / 8243366

Al no disponer de una tradición en el cultivo y aprovechamiento de las plantas aromáticas, México ha debido establecer vías alternativas que le permitan encarar esta situación de la forma más eficiente posible. El trabajo se ha realizado fundamentalmente a través de los propios agricultores, sociedades cooperativas o empresarios interesados. La transferencia de información y tecnología en el caso de México se encuentra a cargo del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ).

Esta Institución tiene como objetivos:

• Fortalecer la infraestructura científica y tecnológica nacional y regional.
• Generación y adaptación de conocimientos e innovaciones y desarrollo tecnológico transferibles a los sectores agroindustrial, químico, farmacéutico y de salud.
• Prestar servicios de asistencia para la aplicación de nuevas tecnologías, correspondientes al área de su competencia.
• Efectuar investigaciones tendentes a la evaluación y aprovechamiento de recursos naturales y subproductos para fomentar su utilización y mejor empleo.
• Promover y realizar capacitación y desarrollo, especialización y educación de posgrado.
• Investigar y desarrollar nuevas fuentes de materias primas, estableciendo los sistemas y procesos requeridos para su aprovechamiento integral.

Las principales líneas de investigación están relacionadas con las siguientes áreas temáticas:

• Procesos fermentativos y agroindustriales para la producción de alimentos, bebidas y sus aditivos.
• Mejoramiento genético y desarrollo de procesos de producción microbiana para la industria alimentaria.
• Desarrollo de métodos y normas para el control de calidad de insumos y productos de la industria alimentaria, química y farmacéutica.
• Transformación y conservación de alimentos y bebidas para consumo humano.
• Desarrollo y aplicación de aditivos e ingredientes alimentarios.

La información que el Centro transfiere en relación con las plantas aromáticas, está relacionada con su posible aprovechamiento e industrialización en cada región. En particular la información implica la evaluación y caracterización de la materia prima, procesos de extracción y control de calidad, normalización y certificación de los productos obtenidos ya sea para el caso de los aceites esenciales como de otros extractos como las oleorresinas.

Por otra parte, por medio de la Biotecnología Vegetal y de Tecnologías Extractivas, y empleando materias primas vegetales o sus productos, el CIATEJ trata de apoyar a los sectores agroindustrial y químico-farmacéutico con la finalidad de que incrementen su ventaja competitiva en la obtención de saborizantes, pigmentos, productos medicinales vegetales, aceites esenciales y oleorresinas a través del empleo de procesos, productos y servicios de calidad, innovativos y rentables. Entra las actuales líneas de trabajo específicas se pueden citar:

• Saborizantes (caña de azúcar, fenogreco, inulina, ajo, etc.)
• Medicinales (chaparro amargoso, tepescohuite, kalanchoa, etc.)
• Colorantes y Pigmentos azul y rojo (lavanda, añil, pitaya, etc.)
• Oleorresinas y aceites esenciales (menta, chile, cúrcuma, manzanilla, jamaica, etc.)
• Fibras naturales (pita)

También dicta Cursos de capacitación técnica en la obtención de productos vegetales y ofrece asesoría técnica y transferencia de tecnología a nivel de campo y proceso.

Algunos de los logros alcanzados a traves dela actividades indicadas son:

• A solicitud de la Empresa Laresgoiti del Estado de Puebla, se efectuó la evaluación de las especies *Gaultheria procumbens y Achillea millefolium*.

• Para Promociones y Asesorías Industriales, la caracterización de la especie *Matricaria recutita* en el Estado de México

• La sociedad cooperativa agropecuaria regional Tosepán Titataniske de Cuetazlan Puebla, diseñar, construir, montar, puesta en marcha y capacitación en el manejo de una planta de destilación para pimienta gorda (*Pimenta dioica*).

• Con la Sociedad de Médicos Tradicionales de la Sierra Norte de Puebla, el montaje, puesta en marcha y capacitación en el manejo de un equipo de destilación multifuncional, para elaborar pomadas, aceites esenciales, oleorresinas y extractos, a partir de la flora nativa de esa región. En este caso particular, el enfoque de esta sociedad ha sido fundamentalmente sobre plantas medicinales.

Colombia - Laboratorio de Fitoquímica y Cromatografía-UIS

Prof. Dr. Elena Stashenko
Laboratorio de Fitoquímica y Cromatografía.
Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander
Carrera 27, Calle 9 Apartado Aéreo 678 Bucaramanga, Colombia
Tel: (57 7 6344000 Ext 2471
Telefax: (57-76) 456737
E-mail: elena@tucan.uis.edu.co

La Dra. Elena Stashenko, actual directora de este laboratorio, lo creó en 1989, con un pequeño grupo de estudiantes. Actualmente, junto con ella el grupo es dirigido por el Dr. Jairo René Martínez, especialista en RMN y fisicoquímica de polímeros.

Desde su fundación, las actividades de investigación y de desarrollo de métodos han permitido llevar a cabo proyectos en un amplio rango de aplicaciones dentro de los que se puede incluir la química, petroquímica, análisis de alimentos, productos naturales, química forense y análisis ambiental, entre otras. Simultáneamente con la actividad en investigación prestan servicios de análisis y asesorías a instituciones públicas y privadas. También están desarrollando a través de la Escuela Nacional de Cromatografía, un programa completo de capacitación en las diversas áreas de la química analítica.

Durante los 10 años de funcionamiento del Laboratorio han formado numerosos profesionales a nivel de Especialización y Maestría y a nivel de Pregrado en las áreas de Productos Naturales, Cromatografía de gases y Espectrometría de masas. Actualmente el grupo de investigación está conformado por más de veinte personas entre las cuales se desarrollan trabajos a nivel de Doctorado en Química, de Maestría y de Pregrado.

Infraestructura

El Laboratorio de Cromatografía ha tratado de mantener su equipo instrumental actualizado tecnológicamente, para poder atender las crecientes necesidades de los usuarios de los ser-

vicios de análisis y de los proyectos de investigación que allí se desarrollan.

La instrumentación cromatográfica actual del Laboratorio incluye un cromatógrafo líquido con detectores de índice de refracción y de UV-Vis variable, programable, y cuatro cromatógrafos de gases, dotados con implementos para la realización de cromatografía bidimensional, cromatografía rápida, en fase quiral y los siguientes sistemas de detección: detector selectivo de nitrógeno y fósforo (NPD), detector de ionización en llama (FID), detector de captura electrónica (ECD) convencional y micro-(μ-ECD) y detector selectivo de masas (MSD). Gracias al micro-detector de captura electrónica (μ-ECD) se pueden alcanzar niveles de detección de partes por trillón (ppt) en el análisis de compuestos halogenados.

La infraestructura disponible en el laboratorio para la preparación de muestras, permite la realización de manera rutinaria de técnicas tales como:

- Extracción en fase sólida
- Destilación y extracción simultánea con solvente
- Extracción líquido-líquido en continuo
- Headspace dinámico
- Microextracción en fase sólida
- Extracción Soxhlet con solventes orgánicos
- Extracción Soxhlet con fluído supercrítico
- Extracción asistida por radiación de microondas

El procesamiento de los datos se lleva a cabo en computadores personales operando bajo ambientes Windows y Linux, bibliotecas de espectros NBS75k y Wiley138k y programas de manejo instrumental HP ChemStation (Asterix). El Laboratorio cuenta además con una estación de trabajo Silicon Graphics Indigo2 R4400 que opera bajo ambiente UNIX y posee progamas para modelaje molecular. Con estas herramientas pueden calcular propiedades moleculares y estudiar relaciones “ligando-receptor” tales como las que operan en las columnas cromatográficas que poseen ciclodextrinas en su fase estacionaria, para realizar separaciones de isómeros ópticos.

Estrategia para un programa de transferencia tecnológica al sector de las plantas aromáticas

El desarrollo de cualquier actividad de procesamiento industrial debe estar ligada a las necesidades especificas, infraestructura socio-cultural, recursos potenciales y capacidades tecnológicas de cada país. En consecuencia, toda propuesta de desarrollo integrado que se adopte debe explotar el potencial de los recursos vegetales renovables a través de una base apropiada desde el punto de vista científico, tecnológico, económico y social. En este contexto, la asistencia técnica debe ser un elemento ineludible para apoyar una o más de las limitantes en el desarrollo de la industria de aceites esenciales, dependiendo de la situación de cada país o región.

El enfoque a seguir por un interesado en el aprovechamiento de las plantas aromáticas, nativas o introducidas, se encuentra comprendido en una metodología como la propuesta en este capítulo. El eventual interesado (individual o corporativo) en comercializar ya sea la planta sometida a un proceso mínimo de transformación (ej. secado) o de establecer un proceso productivo tendiente a obtener productos de mayor valor agregado como es el caso de los aceites esenciales, se plantea una serie de interrogantes que deben ser respondidos en forma clara y concreta.

Del sinnúmero de experiencias tenidas, surge el convencimiento de que existe la necesidad de transmitir en forma simple, sencilla y esquemática un panorama lo más global posible sin

entrar en detalles técnicos durante las primeras entrevistas.

De esta forma el organismo consultado deberá poder brindar información general, teniendo la capacidad de poder profundizar en las diferentes etapas y aspectos involucrados de modo de satisfacer las demandas de los interesados y no desperdiciar esfuerzos en curiosidades, pero al mismo tiempo sin desalentar a ningún demandante.

La experiencia también indica acerca de la necesidad de contar con un grupo multidisciplinario, con un sentido claro del trabajo en equipo y de los riesgos y consecuencias de la transmisión de informaciones contradictorias. Este grupo debería trabajar en forma estrecha e independiente con la industria, pero también con fuertes vínculos con los organismos gubernamentales de crédito, así como con las agencias de financiamiento y los eventuales interesados en los productos a obtener. Es también importante que el grupo sea capaz de transmitir los tiempos involucrados en la explotación de productos naturales sin crear una situación necesariamente desalentadora.

Se configura así un perfil aparentemente difícil de lograr en países en desarrollo donde probablemente no existe una demanda previa para los productos que podrían obtenerse y sí una necesidad de disponer de soluciones económicamente viables en la forma de cultivos alternativos y productos comercializables. Sin embargo, es posible rescatar una serie de esfuerzos realizados tanto a través de organismos y agencias internacionales así como de grupos nacionales o regionales, y nuclearlos en función del desarrollo de determinados proyectos. Son estas experiencias a las que un interesado debería recurrir en busca de información, apoyo y asistencia.

Capitulo XIV

Perspectivas para el desarrollo de una agroindustria de productos aromáticos en Cochabamba

Introducción

Descripción de Cochabamba

El departamento de Cochabamba (Bolivia) geográficamente se encuentra ubicado entre los 15o 30´ y los 18o 30´ de Latitud Austral, y entre los 64o y 67o de Longitud Occidental del meridiano de Greenwich. Políticamente está divido en 16 provincias (Fig. 1) con una extensión de 55.631 km^2 y población de 1.093.625 habitantes (según la proyección del censo del año1992), de los cuales; el 51% se encuentran ubicados en el área rural.

Se caracteriza por presentar una diversidad de rasgos fisiográficos, climas, suelos y cobertura vegetal, formando parte de tres grandes sistemas agroecológicos de los que participa el departamento: los valles, punas y trópico. Dependiendo de las zonas geográficas y regiones climáticas, el clima es variado, frío, templado o cálido.

El departamento de Cochabamba hasta algunos años atrás, por sus características agroclimáticas, se lo definió como una región predominantemente agrícola. En la actualidad la actividad económica del departamento ha sufrido notables transformaciones por las dificultades que enfrenta el sector agropecuario.

A partir del año 1995, el departamento se ha convertido en el segundo productor nacional de petróleo, con volúmenes que alcanzan a 16.000 barriles diarios, lo que significa el 39% de la producción total del país.

Existe una creciente actividad industrial en el campo de los productos alimenticios y de servicios.

Problemática del sector campesino

La agricultura en algunas regiones de los valles y punas del departamento de Cochabamba se ha constituido en una importante actividad productiva, al ser beneficiadas estas zonas con sistemas de riego. Sin embargo en contraposición, existen zonas que se encuentran en situaciones críticas, principalmente por problemas de infraestructura y condiciones climatológicas.

Esta situación ha ocasionado que numerosas familias de agricultores de las áreas afectadas, busquen nuevas fuentes de ingreso en otras actividades, dejando el campo para migrar hacia zonas que les puedan ofrecer mejores posibilidades de subsistencia.

MAPA DE COCHABAMBA

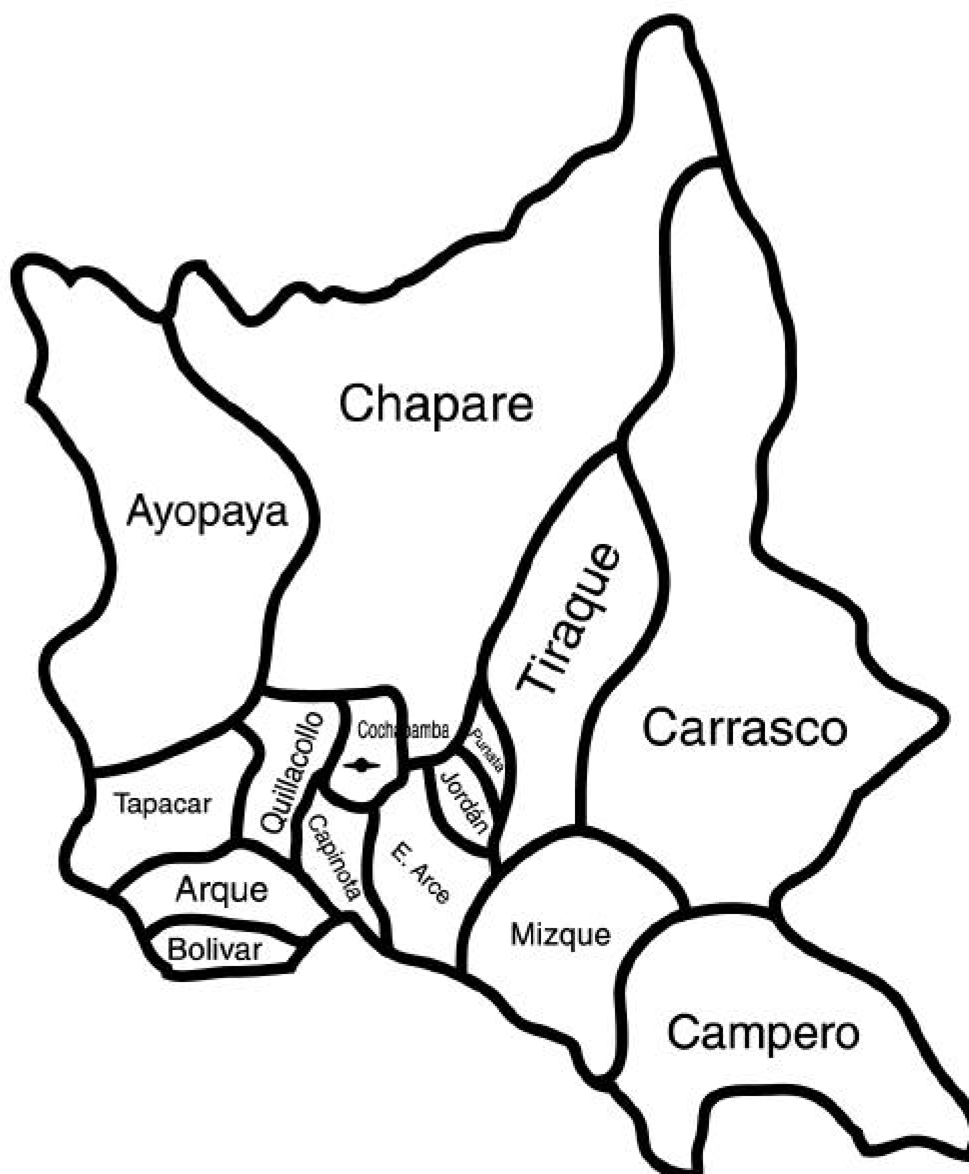


Figura 1. Mapa de Cochabamba.

La región del trópico, que abarca las provincias de Carrasco y Chapare, se ha constituido como principal centro receptor de migraciones, por las posibilidades de producción agropecuaria que presenta. Los cultivos predominantes son el plátano, cítricos, piña, arroz, palmito, papaya, yuca, etc., sin considerar el cultivo de la hoja de coca.

Otros centros naturales de aceptación de migraciones son las ciudades, que si bien para algunos de ellos su situación tiende a mejorar al constituirse mano de obra para los distintos secto-

res de la actividad económica, pero para la gran mayoría de ellos, su situación no ha mejorado, al verse rodeados éstos de una educación escolar básica, que los hacen incompetitivos frente a lo que es la desocupación proveniente de las mismas zonas urbanas.

Las zonas de valles y puna, si bien guardan entre sí diferencias en cuanto a posesión de recursos, formas de producción, niveles de mercantilización y organización comunal, la situación común a todos ellos, son de extrema pobreza y parcelación de la tierra de uso agrícola. La tenencia media de la tierra es de 1 ha en la zona de los valles y de 2 ha en la de punas. Asimismo tienen las menores tasas de escolaridad y alfabetismo, como también, altas tasas de morbi-mortalidad y de migración.

Si bien la actividad agrícola no provee a las familias de todo el ingreso que se requiere para cubrir sus necesidades de subsistencia, les permite un intercambio de sus productos. Una actividad complementaria importante es la cría de ganado, porque además de proveer carne y lana para uso familiar, cumple la función de ahorro.

La problemática del campesino en el área rural tiende a agravarse en el transcurso de los próximos años, si no se presentan alternativas productivas que permitan, por un lado, su permanencia en los actuales centros productivos, y por otro, soluciones alternativas para aquéllos que se han asentado en otras regiones.

Posibilidades de aprovechamiento de la biodiversidad vegetal

La extensión, posición geográfica y diversidad ecológica de los países andinos, ha despertado por varios años el interés de los investigadores botánicos por la presencia en la región de miles de especies que continúan desconocidas para la ciencia, siendo una de las fuentes potenciales en el futuro para la identificación de nuevos alimentos, materias primas y medicamentos para la humanidad.

Dentro de este contexto, los ambientes naturales que pose Bolivia constituyen la base de su elevada riqueza florística y de su fauna. Al presente se cuenta con estimaciones respecto al número total de especies de plantas que oscila entre 6.000 especies por cada 10.000 km^2. Alrededor del 80 % del territorio boliviano mantiene aún sus recursos naturales vegetales, y más del 50% está cubierto por los recursos forestales naturales (Montes de Oca, 1997).

Los primeros intentos de clasificación y caracterización ecológica de las diferentes regiones naturales del país no son muy antiguos, en general los intentos más consistentes provienen de los últimos veinte años. Esto es indicativo de la permanencia de grandes vacíos en el conocimiento y prospección de muchas zonas. En los últimos años se ha logrado algún avance con el aporte de las imágenes de satélite, pero son esfuerzos fragmentarios y poco coordinados en el ámbito nacional. Además, muchas de las colecciones realizadas en los siglos pasados e incluso hasta 1970, en su mayoría, si no en todas, se encuentran depositadas en herbarios de Europa, Estados Unidos de Norteamérica y Argentina. Recién a partir del establecimiento del herbario Nacional de Bolivia y simultáneamente a la realización de la investigación científica, se ha logrado la constitución de una colección botánica centralizada en Bolivia, lográndose, hasta el momento la inclusión de más de 60.000 accesiones.

La preservación de la diversidad genética es un seguro para el hombre y una inversión necesaria para mantener y mejorar la producción agrícola, forestal y pesquera, y poder contar con una base de recursos para innovaciones científicas y técnicas y para protegerse de cambios ambientales imprevisibles. Por un lado la diversidad de las especies es necesaria para el funcionamiento de los ecosistemas y de la biosfera; por otro el material genético de las especies silvestres aporta cada año billones de dólares a la economía mundial en forma de nuevas plantas agrí-

colas ó mejoramiento genético de las ya utilizadas, y de nuevos medicamentos y materia prima para la industria.

En la perspectiva de acceder a alternativas de uso industrial, para los recursos naturales, se abre la necesidad de encarar con responsabilidad la preservación de nuestro medio ecológico, más si se considera las amargas experiencias, que a lo largo de milenios, se han ido registrando en el mundo, donde el hombre ha ido modificando la naturaleza, para cubrir sus propias necesidades, sin considerar, en la mayoría de los casos, los impactos negativos que podían causar estas intervenciones. Para ello es necesario conocer, caracterizar y así propender a mantener los procesos ecológicos esenciales y los sistemas vitales, es decir la regeneración natural, la protección de los suelos, el reciclado de los nutrientes y la preservación de la diversidad genética, y asegurar un aprovechamiento sostenido de las especies y de los ecosistemas silvestres, con la premisa de lograr mejores condiciones de vida y un mayor desarrollo regional.

Dentro de este marco, y considerando la riqueza de la flora boliviana, la obtención de extractos y esencias naturales, y las perspectivas del desarrollo del sector aromático en el país es muy grande, atendiendo principalmente a las siguientes razones:

• Posibilidad de incorporar a los agricultores a las etapas primarias de procesamiento, buscando la permanencia del mayor valor agregado en las áreas rurales.

• Posibilidad de ofertar productos no perecederos con alto valor por unidad de peso y con mejores posibilidades que los productos agrícolas tradicionales de acceder a mercados alejados.

• Tecnologías con posibilidades de ser asimilada y adaptada con relativa facilidad frente a las limitaciones existentes.

Finalmente, se puede mencionar que la ola ecologista en los países industrializados y el temor a enfermedades ocasionadas por la contaminación del medio ambiente, han provocado un rápido incremento de la demanda de medicamentos, cosméticos y productos alimenticios elaborados con sustancias naturales. La toma de conciencia cada vez mayor sobre los problemas del medio ambiente trae consigo un cambio de comportamiento del consumidor. Esto representa una real oportunidad para la generación o el desarrollo de una agroindustria como la esenciera.

El sector aromático en Bolivia

De la información que dispone el Programa Agroquímico (PAGQ) se establece que los primeros intentos registrados para la producción de aceites esenciales en Bolivia, se dieron en el año 1984, en la comunidad de San Julián del departamento de Santa Cruz, bajo el apoyo técnico y financiero de la ex-Corporación de Desarrollo de Santa Cruz (CORDECRUZ), con el objetivo de aumentar las exportaciones de productos no tradicionales y diversificar la agricultura de la región.

En ese ámbito, se creó la Cooperativa Agroindustrial de Aceites Esenciales (COAACE), que inicialmente introdujo el cultivo de menta japonesa (*Mentha arvensis*) para la explotación industrial, como así cultivos experimentales de paja cedrón (*Cymbopogon citratus*), citronella (*Cymbopogon winterianus*), palma rosa (*Cymbopogon martinii*) y petit grain de naranja agria (*Citrus aurantium*).

Después de tres años de trabajo, se llegaron a cultivar 30 ha de menta japonesa, cuya producción de aceite estaba destinada a cubrir la demanda local y, ulteriormente, al mercado brasilero.

Por razones de tipo técnico-económico, a partir del año 1987, la cooperativa COAACE dejó de producir aceites esenciales. Entre los factores de tipo técnico que se mencionan, está la falta de desarrollo de una tecnología de extracción de aceites esenciales adecuada a los requerimientos de la cooperativa. Por otro lado, el más importante, la producción de aceites esenciales no podía competir frente a productos agrícolas de mayor rentabilidad económica, como el arroz, algo-

dón, soja, maíz, trigo, caña de azúcar y otros cultivos tropicales.

A partir del año 1983, el Programa Agroquímico de Cochabamba inició investigaciones, con el objetivo de sentar los lineamientos básicos de una agroindustria de obtención de productos naturales, aprovechando recursos vegetales existentes en el departamento de Cochabamba. Para este fin, se adoptó una metodología que comprendía investigaciones en laboratorio, investigación en plantas piloto y producción semicomercial. Con los resultados alcanzados en las etapas previas, siguiendo con la metodología, se formularon los proyectos de prefactibilidad, factibilidad y diseño final, siendo el componente básico la adaptación de tecnologías adecuadas a la realidad nacional y posterior transferencia de las etapas primarias de producción a los sectores beneficiarios.

Sobre la base de la metodología propuesta, después de seguir las etapas previstas, en el año 1985 se instaló la primera unidad de extracción de aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), en la localidad de Pairumani, a 30 km de la ciudad de Cochabamba, con apoyo financiero de la ex-Corporación de Desarrollo de Cochabamba (CORDECO) y la Universidad Mayor de San Simón (UMSS).

Con los resultados alcanzados en los proyectos de esta primera fase y la dotación de una mejor infraestructura de investigación, se inició la segunda fase que comprendía la producción de aceite esencial de menta japonesa (*Mentha arvensis*) y pasto de cedrón (*Cymbopogon citratus*) en la región del trópico, éstos, comprendidos dentro de los proyectos del plan de Desarrollo Alternativo del Chapare. Este plan tenía como objetivo presentar una alternativa productiva a los campesinos que cultivaban la hoja de coca.

En una tercera fase de actividades, el Programa Agroquímico de Cochabamba en el año 1991 inició trabajos de investigación para la extracción de aceites esenciales de especies nativas bolivianas, entre éstas, el romerillo (*Acanthostyles buniifolium*), molle (*Schinus molle*), muña (*Hedeoma mandoniana*) y t´ola (*Baccharis dracunculifolia*). Se introdujo también de cultivos de eucalipto citriodora (*Eucaliptus citriodora*), hinojo (*Foeniculum vulgare*) y vetiver (*Vetiveria zizanoides*).

La mayor parte de la producción de aceites esenciales de especies nativas se comercializan en el mercado externo.

Es de mencionar la participación de la Universidad Mayor de San Simón, ex-Corporación de Desarrollo de Cochabamba, Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo del Canadá (CIID-Canadá), Groupe de Recherche et D´echanges Technologique de Francia (GRET-Francia), Fondo Nacional para el Medio Ambiente (FONAMA), Instituciones Regionales, Organizaciones Campesinas y Empresa Privada, que permitieron dotar al Programa Agroquímico de la infraestructura necesaria para las investigaciones que se llevan a cabo.

En los siguientes puntos se describirán los antecedentes institucionales del Programa Agroquímico de Cochabamba, los avances logrados en la implementación de proyectos, la estrategia de desarrollo y factores que determinan el establecimiento de agroindustrias de aceites esenciales en la región.

El programa agroquímico de Cochabamba

Antecedentes Institucionales

En 1980 la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba y la por entonces Corporación de Desarrollo de Cochabamba, institución gubernamental descentralizada, firmaron un convenio con la finalidad de valorizar recursos vegetales de la región a través de la formulación y ejecución de proyectos agroindustriales, tomando al Programa Agroquímico de Cochabamba como Unidad Técnica de Investigación y Desarrollo.

La metodología de esta unidad de investigación comprendía la elaboración de proyectos agroindustriales de factibilidad probada que incluyen, además de información técnica, una prospección de mercado mediante la elaboración de productos en unidades piloto y posterior venta en el mercado local.

Esta forma de elaboración de proyectos tuvo el sentido de evitar la adquisición de paquetes tecnológicos que no se adecuaban a las necesidades y requerimientos regionales, adoptando un modelo de desagregación de proyectos agroindustriales. Además fortalecía la capacidad local de planificación, investigación, evaluación y ejecución de proyectos industriales, considerando como inicio de la desagregación, la oferta tecnológica en el mercado internacional.

En el marco de este programa se han logrado avances significativos tanto en la realización de estudios e investigaciones, como en la materialización de algunos proyectos de obtención de productos naturales.

Como consecuencia del Proceso de Reformas iniciado por el Gobierno Central boliviano a partir del año 1993, cuando se promulgó la Nueva Ley de Participación Popular, las Corporaciones de Desarrollo del país, entre la que se contaba a CORDECO, dejaron de pertenecer al aparato estatal central y pasaron a depender de las Prefecturas de Departamento.

En esta nueva reorganización administrativa, y a fin de garantizar su continuidad como una entidad técnica en el ámbito regional encargada de apoyar al desarrollo agroindustrial, el Programa Agroquímico de Cochabamba se transfirió a la Universidad Mayor de San Simón, mediante convenio suscrito el 25 de julio de 1995, estableciendo los lineamientos y modalidades generales de funcionamiento. Paralelamente a los cambios administrativos suscitados, se tomó la decisión de adoptar el nombre de “Centro de Tecnología Agroindustrial” (C.T.A.).

Estructura organizacional

El Programa Agroquímico de Cochabamba desde su creación ha adoptado diferentes estructuras para organizar y coordinar las funciones y actividades internas, tendiendo siempre a aplicar un estilo de gestión que posibiliten e incentiven en cada uno de sus integrantes, mayores niveles de participación, dada la complejidad de los proyectos que se deben formular y ejecutar.

En el marco de sus nuevas tareas, la organización del PAGQ ha adoptado una estructura matricial. El planteamiento general de tal estructura se muestra en la Fig.2, en la que se destacan los ámbitos de dirección, ejecución y las interrelaciones entre los Coordinadores y las correspondientes Jefaturas de Equipo.

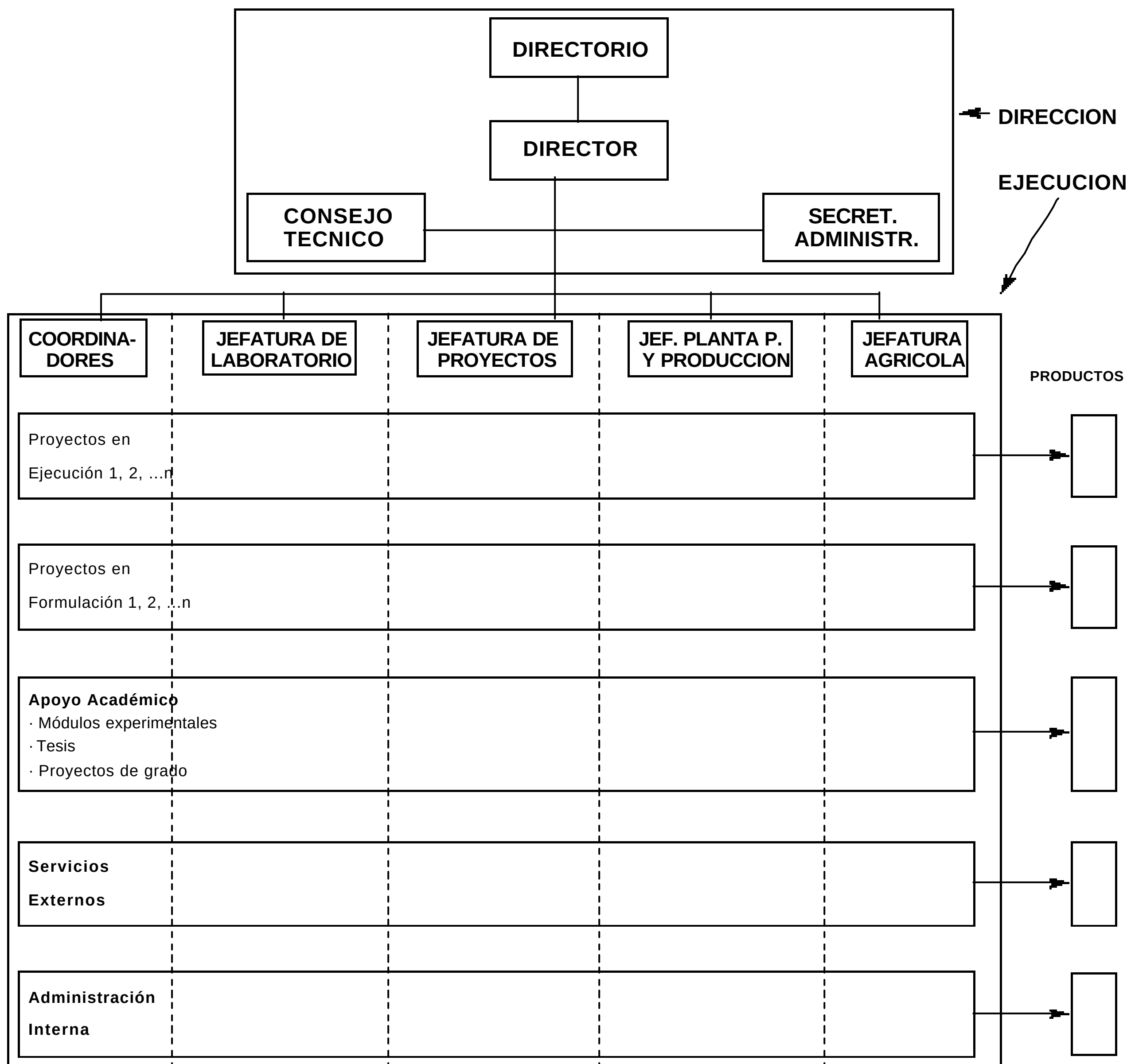


Figura 2. ESTRUCTURA GENERAL DEL PAGQ

Los Coordinadores son los responsables directos de los productos y servicios que el Programa Agroquímico propone entregar a la sociedad.

Las Jefaturas de Equipo, por su parte, tienen la responsabilidad de realizar tareas propias de su unidad que sean acordadas con cada uno de los coordinadores de proyectos y servicios. Deben prever la dotación de recursos y medios que sean necesarios, así como también anticipar innovaciones en sus respectivas unidades.

Para fines de seguimiento, determinación de requerimientos presupuestarios y asignación de recursos humanos, todas las actividades de ejecución están agrupadas en cinco categorías: proyectos en ejecución, proyectos en formulación, servicios de apoyo académico, servicios externos y

administración interna.

El Consejo Técnico tiene por función asesorar a la Dirección en la planificación, coordinación y control de las actividades del Programa Agroquímico. Está constituido por el director y jefes de los equipos de ingeniería, laboratorios, plantas piloto y coordinadores de proyectos.

Por su parte, la secretaría administrativa concentra sus funciones en el manejo y análisis de la situación financiera del programa

Unidades de ejecución

Dentro de la estructura matricial que ha adoptado el PAGQ se encuentran las unidades de Ingeniería, Laboratorio, Plantas Piloto y Agrícola. Una breve descripción de las actividades que desarrollan dichas unidades se presenta en los párrafos siguientes.

Equipo de ingeniería

El Equipo de Ingeniería está encargado de la elaboración de estudios y proyectos, propuestas de investigación, planes e informes de servicios académicos y servicios especializados. Dispone de un Centro de Información suscrito a Bancos de Datos para apoyar en la elaboración de los proyectos, prospección de mercados, evaluación económica y financiera.

Equipo de planta piloto

Esta unidad se encarga de la elaboración de diseños y pliegos de especificaciones técnicas para los equipos requeridos en los proyectos, supervisión de la construcción de equipos, montaje, puesta en marcha de plantas piloto y optimizar procesos productivos. Además, de aquellos proyectos que se encuentran en su fase piloto, se dedica a la producción de productos y manufacturas en forma experimental y escala semicomercial.

Equipo agrícola

Muchos de los proyectos agroindustriales requieren información agronómica a distintos niveles, para esta situación se cuenta con el Equipo agrícola que realiza investigaciones sobre plantas de uso industrial, apoyo a actividades de expansión de cultivos, diagnóstico de producción de recursos agrícolas, mantenimiento de viveros, cultivos experimentales y domesticación de especies nativas.

Para las actividades básicas de domesticación de especies nativas se cuenta con un laboratorio de cultivos de tejidos, en el que se realizan los estudios de propagación por distintos métodos.

Desarrollo de la infraestructura del Programa Agroquímico de Cochabamba

A partir del año 1980, el Programa Agroquímico inició actividades de investigación dotado de una infraestructura básica que consistía en un laboratorio de 60 m^2 de superficie y 24 m^2, en oficinas administrativas.

En años posteriores, mediante el convenio interinstitucional entre la UMSS y la ex-CORDECO, se logra consolidar, hasta antes de su transferencia a la UMSS, una infraestructura de 1.235 m^2, distribuidos en distintos ambientes que se detallan en el Cuadro 1.

AMBIENTE	SUPERFICIE (M^2)
Ingeniería y oficinas	372
Laboratorio	501
Plantas piloto	242
Invernadero	120
TOTAL	**1.235**

Cuadro1. INFRAESTRUCTURA FISICA DEL PAGQ

En 1983 el PAGQ inició investigaciones en el campo de los productos naturales, como consecuencia de una estrategia de aprovechar recursos vegetales de la región para beneficio económico del sector campesino. Los rendimientos de extracción y purificación de aceites esenciales se evaluaban en un extractor por arrastre de vapor y una columna de destilación de vidrio, construidos localmente.

Después de superar etapas de planificación y desarrollo, en 1988, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (CIID-Canadá), aprobó por dos años el proyecto "Aceites Esenciales Bolivia".

En el marco del proyecto se realizaron trabajos conjuntos entre el Programa Agroquímico y el Laboratorio de Separación de Esencias Vegetales (LASEVE) de la Universidad de Quebec de Chicoutimi, Canadá. Entre los objetivos del proyecto se estableció como prioridad estudios de caracterización del eucalipto, pasto cedrón y menta japonesa. Dentro el equipamiento previsto, se adquirió un cromatógrafo de gases, batería de extractores por arrastre de vapor, generador de vapor y equipamiento menor de laboratorio.

El trabajo conjunto con LASEVE ha marcado un hito importante en las actividades del Programa Agroquímico, al desarrollarse una tecnología para la sistematización de la producción e investigación aplicada en el campo de productos naturales.

Una vez concluido el proyecto Aceites Esenciales Bolivia, en el año 1990 se inició el proyecto "Aceites esenciales Bolivia-2da Fase" con el financiamiento económico del CIID-Canadá, para apoyar al estudio de la explotación de especies nativas y la introducción de nuevos cultivos.

En la segunda fase del proyecto, se construyó y equipó un laboratorio de cultivo de tejidos vegetales para apoyar a las actividades agrícolas de propagación del material vegetal, domesticación de especies aromáticas nativas mediante procesos de multiplicación y reproducción "*in vitro*".

La participación de personal del Programa en el Seminario Internacional de la Universidad de Karlsruhe en la República Federal de Alemania, le ha permitido dotarse de equipamiento para coadyuvar a las actividades de investigación, consistente en una columna de destilación automática a presión reducida y un espectrofotómetro UV-Vis.

Posteriormente, con la cooperación del GRET de Francia se diseñaron y construyeron unidades piloto de producción de aceites esenciales.

Metodología de trabajo

Para evitar la elaboración convencional de proyectos por consultoría externa y simple selección de paquetes tecnológicos, el PAGQ adoptó la metodología de desagregar, adaptar y generar tecnologías adecuadas a la situación socioeconómica de la región. De esta manera la elabora-

ción de proyectos incluye etapas de investigación en laboratorios y de investigación y producción semicomercial en plantas piloto, de los que surgen los antecedentes experimentales hacia la generación de proyectos en distintos niveles de detalle, prefactibilidad, factibilidad y diseño final.

En la se muestra la metodología en los distintos niveles de detalle, árbol de proyectos, perfil de proyecto, estudio de prefactibilidad, investigación en laboratorio, investigación y producción en plantas piloto, estudio de factibilidad y diseño final.

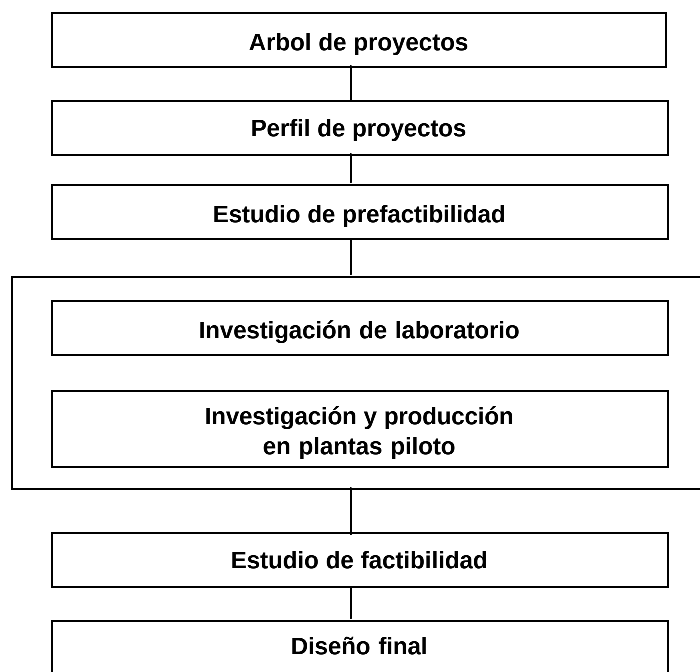


Figura 3. METODOLOGIA DE ELABORACION DE PROYECTOS

Arbol de proyectos

El árbol de proyectos es un resumen de ideas que se genera por la necesidad de encontrar una aplicación para algún recurso agrícola de la región o un proceso requerido por la industria local con cierta potencialidad económica.

En ambos casos, se comienza con una investigación para la caracterización del producto, procesos alternativos de producción, técnicas de análisis fisicoquímico e identificación de precursores para la síntesis de moléculas de interés comercial.

El equipo de ingeniería evalúa las ideas a manera de filtro de ideas, dejando pasar aquéllas que considere tienen buenas posibilidades de convertirse en proyectos exitosos.

Los aspectos que se consideran esenciales en la primera etapa son: a) Existencia de mercado para el producto o servicio, b) Existencia de restricciones, monopolios, escasez y otras causas que dificultan o impidan la disponibilidad de factores de producción a un costo razonable, c) Disponibilidad de materias primas, mano de obra calificada, energía, agua, materiales especiales, procesamiento y tecnología, d) Excesivos requerimientos de capital, e) Existencia de monopolios respecto al producto y otros factores importantes.

Perfil de Proyecto

Las ideas que pasan el filtro de proyectos darán lugar a la elaboración del "Perfil de proyecto" a cargo del Equipo de Ingeniería. Este documento tiene como objetivo poner de manifiesto si es necesario desarrollar estudios complementarios, abarcando aspectos preliminares de mercado (oferta, precios y canales de comercialización), examen preliminar de aspectos técnicos (ingeniería del proyecto, tamaño y localización), estimaciones de inversión, costos de producción y beneficios proyectados.

Una vez elaborado el Perfil de Proyecto, se evalúan los factores relevantes, otorgándoles un peso específico para efectuar la ponderación final que permita tomar una decisión sobre el futuro del estudio.

Si en la evaluación de los factores existen dudas, será indicativo de que el documento debe abundar más en detalles, reciclándose el documento a la etapa de información.

Estudio de prefactibilidad

Si se considera adecuado continuar con estudios más detallados sobre el proyecto, se realizan trabajos de investigación básica en áreas específicas, para obtener información, en las unidades que dispone el Programa Agroquímico. Estos estudios pueden ser trabajos de gabinete o algunas pruebas preliminares que se puedan efectuar en laboratorio. A este nivel de estudios se hace evidente y marcada la necesidad de la colaboración interdisciplinaria.

Los capítulos considerados críticos en la elaboración del proyecto, son los referidos al mercado, las materias primas y la ingeniería del proyecto, ya que el contenido de estos capítulos define en gran medida las posibilidades de éxito del proyecto.

Investigación en Laboratorio y Plantas Piloto

Para coadyuvar al estudio de Prefactibilidad, se realizan investigaciones en laboratorio con la finalidad de estandarizar métodos de análisis, evaluación de los procesos químicos a la disponibilidad tecnológica local y selección de parámetros de operación

Los trabajos experimentales iniciales son desarrollados por estudiantes egresados de las distintas especialidades, que a su vez les sirve como base para preparar su proyecto de grado de licenciatura. Las carreras con mayor afinidad con las actividades del PAGQ son las de ingeniería química, química, agronomía e ingeniería industrial.

Una vez concluida las investigaciones en laboratorio, se inicia la construcción de las unidades piloto y el análisis de las variables del proceso.

En proyectos avanzados, uno de los aspectos que incluye la metodología propuesta, es la producción semicomercial en equipos piloto de los productos involucrados en el proyecto, con la finalidad de estimar el comportamiento del mercado.

En la mayoría de los proyectos de aceites esenciales que el Programa Agroquímico ha ejecutado, la componente agrícola se ha reducido a una cuantificación del recurso vegetal, etapas preliminares de domesticación de especies nativas, introducción de especies cultivadas, asesoramiento en la preparación de almácigos, expansión de cultivos y labores culturales.

Estudio de factibilidad

En el Estudio de Factibilidad, la evaluación técnica-económica define la alternativa óptima del proyecto, configurando la inversión de manera más precisa que los estudios anteriores. Se

consideran todos los resultados elaborados en etapas de laboratorio y, principalmente, los datos de plantas piloto, conjuntamente con los resultados de las pruebas experimentales agrícolas.

Dentro de esta etapa se consideran los procesos de optimización de la producción de las materias primas agrícolas y los procesos de producción a escala piloto.

Concluido el Estudio de Factibilidad, se ingresa a la fase de inversión, emprendiendo la búsqueda de financiamiento para la elaboración de Estudios de Diseño Final.

Estudio de diseño final

Una vez que se toma la decisión de ejecutar el proyecto, se designan a los distintos equipos para la elaboración de los estudios definitivos, con información disponible; contemplándose la planificación de la ejecución, puesta en marcha y operación del proyecto.

Experiencia del programa agroquímico en la implementación de proyectos de aceites esenciales

Introducción

Mediante la metodología propuesta en párrafos anteriores, el PAGQ ha implementado proyectos agroindustriales en el campo de los productos naturales.

En 1985 se iniciaron los estudios básicos en el proyecto eucalipto para la producción del 1-8 cineol, conocido comercialmente como eucaliptol, y en 1989 se inició la producción a escala semicomercial. En esta primera experiencia, se desarrolló un proceso de extracción y purificación de aceites esenciales empleando una tecnología de acuerdo a las necesidades locales.

Considerando exitoso los resultados alcanzados con el proyecto eucalipto, en 1988 se iniciaron trabajos de investigación en la zona del Chapare Tropical con apoyo del CIID-Canadá, para la producción de pasto de cedrón y menta japonesa. A finales de 1992, después de la expansión de cultivos, se instalaron unidades industriales de extracción.

En 1991 se implementó el proyecto de especies nativas para la producción de aceites esenciales de romerillo, muña negra y t'ola.

A partir de 1993, el Groupe de Recherche et D'Echanges Technologiques (GRET) de Francia inició la colaboración en la construcción de unidades piloto de extracción por arrastre de vapor y la apertura de mercados en el exterior.

La aplicación de conceptos de sostenibilidad del recurso vegetal se refleja en trabajos de cuantificación, respuesta a labores culturales y ensayos de domesticación de especies nativas que se efectuaron con apoyo del Fondo Nacional del Medio Ambiente (FONAMA).

Tecnología desarrollada

El Programa Agroquímico ha desarrollado una tecnología de producción de aceites esenciales que incluye la construcción de unidades de extracción y purificación de aceites esenciales. Las unidades que se construyen son de distintos tamaños. Por su versatilidad, el que más se emplea en la extracción de aceite esencial de eucalipto y especies nativas es de 1.5 m3 de capacidad. Tiene facilidad en el traslado, una vez agotado el material vegetal en la zona de explotación.

El equipo de extracción está conformado por un caldero que genera 70 kg./h de vapor saturado, dos columnas de extracción, cada una de 1.5 m^3 de capacidad, un condensador de 1.2

m^2 de superficie de intercambio y vaso florentín para la recuperación del aceite esencial. La operación del equipo es bastante sencilla, inclusive por mano de obra femenina, como aconteció en la localidad de Pairumani, donde la unidad fue operada por un Club de Madres.

Para cultivos intensivos se ha diseñado una unidad industrial de 5 m^3 de capacidad. En este equipo, el movimiento del material vegetal necesariamente se tiene que efectuar mediante cinta transportadora, tecle y rampa de acceso.

A partir de la primera unidad piloto instalada en 1985, se ha logrado instalar y mantener en operación varias unidades en distintas localidades rurales, no sólo del departamento de Cochabamba, sino también en los departamentos de Oruro y La Paz. En el cuadro 2 se muestra la ubicación de los equipos instalados y las especies en explotación.

PROVINCIA	LOCALIDAD	DEPART.	TIPO DE ORG.	PRODUCTO	CAPACIDAD (M^3)
Chapare	Koluyo	Cochabamba	Comunitaria	Ac. Eucalipto	1.5
Chapare	Larati	Cochabamba	Comunitaria	Ac. Muña negra	1.5
Quillacollo	Pairumani	Cochabamba	Club de Madres	Ac. Eucalipto	1.5
Inquisivi	Quime	La Paz	Privada	Ac. Eucalipto	1.5
Inquisivi	Araca	La Paz	Privada	Ac. Eucalipto	1.5
Carrasco	Senda D	Cochabamba	Asociación	Ac.Pasto cedrón	5
Carrasco	V. del Sajta	Cochabamba	Asociación	Ac. Menta	5
Carrasco	Totora	Cochabamba	Asociación	Ac. Romerillo	1.5
Cercado	Sinaco	Oruro	Comunitaria	Ac. Muña negra	1.5
Jordán	Huaricaya	Cochabamba	Privada	Ac. Eucalipto	1.5
Cercado	Cercado*	Cochabamba	Pública	Ac. Molle	0.2

(*) Esta unidad de extracción piloto ha sido instalada en los predios del Programa Agroquímico

Cuadro 2. UNIDADES INSTALADAS POR EL PAGQ

Los recursos para la construcción de las unidades de extracción en comunidades campesinas son gestionados a través del PAGQ, responsabilizándose además de la supervisión de la construcción y puesta en marcha de los equipos. Durante la etapa de producción se efectúa el asesoramiento técnico permanente y mantenimiento de los equipos. Esta forma de trabajo ha permitido lograr una mutua confianza entre las comunidades campesinas, de tal manera de que se puedan cumplir los programas de producción y la calidad esperada.

La recuperación del financiamiento se realiza mediante la firma de un convenio entre el PAGQ y la comunidad interesada. Se retiene un 30% de la producción y el 70% restante, se cancela en efectivo.

Para la construcción de los equipos a instituciones o personas privadas, el PAGQ sólo provee los planos y la supervisión de la construcción.

Los aceites esenciales producidos en las comunidades son comprados a precios que rigen en el mercado internacional. El control de calidad, purificación y comercialización están bajo la responsabilidad de Programa Agroquímico.

Las Unidades de purificación de aceites esenciales se encuentran ubicadas en predios de la Universidad Mayor de San Simón. Están conformadas por una columna de destilación batch de 100 litros de capacidad, unidad de refrigeración y un equipo de centrifugación para la separa-

ción de los cristales de aguas madres. Los equipos fueron construidos localmente con apoyo financiero de la ex-CORDECO y tecnología proporcionada por el GRET.

El producto terminado se comercializa a través de la toma de contacto con las empresas mediante la remisión de muestras. De esta manera se mantiene un vínculo comercial donde la calidad y el cumplimiento de la entrega son muy importantes. Para un aceite esencial nuevo se debe establecer exactamente los costos de producción, ya que un posterior ajuste en los precios es de difícil negociación.

La sostenibilidad de los proyectos se condiciona a la existencia de mercado, a la explotación del material vegetal sin poner en riesgo su disponibilidad futura y al interés de organizaciones campesinas que puedan llevar adelante el proyecto.

Proyecto aceite esencial de eucalipto

Las posibilidades de incursionar en la producción del aceite esencial de eucalipto se detectaron al tener dos requisitos fundamentales, la existencia de recursos naturales en extensos montes ubicados en las cercanías de comunidades rurales del departamento de Cochabamba, y, por otro, una demanda de la industria farmacéutica local.

El tercer elemento dentro de este contexto es la tecnología de procesamiento adaptado a la capacidad tecnológica local. La conjunción de estos elementos ha permitido generar una actividad económica muy importante en varias comunidades campesinas.

Los bosques de eucalipto en nuestro departamento pertenecen a comunidades campesinas y personas particulares, fueron plantadas hace varios años principalmente para el aprovechamiento en la industria minera y maderera. Los descartes, entre los que se cuentan las hojas, se emplean como combustible.

En los primeros años de implementación del proyecto, los recursos para la construcción de los extractores en las comunidades provenían de donaciones de organizaciones no gubernamentales. Con el aumento de la producción y al ir aumentando la credibilidad del proyecto, se financiaron de organizaciones gubernamentales de desarrollo.

La recuperación de la inversión es a través de la producción de la misma unidad productiva, es decir, un 30% de la producción se destina a cubrir el crédito y el resto se cancela en efectivo a la comunidad.

La refinación del aceite esencial se realiza en una columna de destilación batch al vacío. Se producen dos fracciones, en la primera fracción, los componentes mayoritarios son (-pineno, limoneno, p-cimeno y cineol, en la segunda, el componente mayoritario es el cineol.

La primera y segunda fracción de la destilación se comercializan a fabricantes de ambientadores, saunas, jabones, etc..

De la segunda fracción se produce cineol del 99% por cristalización, y se comercializa en envases de 50, 100, 500 y 1.000 cc, volúmenes mayores, en envases de 10 y 20 litros. Los excedentes de producción, en algunas oportunidades, se lograron exportar al mercado norteamericano, argentino, chileno y francés.

Una parte de la producción de cineol, se destina a la elaboración de pastillas para la tos. En el cuadro 3 se dan los volúmenes de cineol comercializados en las tres últimas gestiones.

DESCRIPCION	PRODUCCION (kg)		
	1996	1997	1998
Cineol (kg)	1.538	1.641	1.831
Pastillas de eucalipto (u)	23.796	37.343	46.852
Fracción de eucalipto(kg)	178	223	729
Resinas de eucalipto (kg)	231	24	47

Cuadro 3. VENTA DE PRODUCTOS DE CINEOL

Proyecto mentol y pasto cedrón

Desde el año 1988, como se menciona mas adelante, el PAGQ inicio actividades de investigación para la introducción en el Chapare tropical de cultivos de menta japonesa y pasto cedrón, en parcelas experimentales ubicadas en comunidades del Valle del Sajta y Senda D (Fig.19 y Fig. 20). Con los resultados alcanzados en estas investigaciones se logró construir una unidad piloto de extracción, comercializándose experimentalmente mentol y citral, en el mercado local a industrias farmacéuticas y productores de ambientadores.

El año 1989, ejecutivos del Proyecto de Desarrollo Alternativo del Trópico de Cochabamba AD/BOL/88/412 de Naciones Unidas, iniciaron conversaciones preliminares con el PAGQ para implementar proyectos de aceite esenciales, como una alternativa viable para la sustitución de cultivos de coca. Esta propuesta fue presentada y aprobada en el Plan Global del Desarrollo Alternativo del Trópico de Cochabamba.

Hasta el año 1991, bajo la supervisión técnica del PAGQ y recursos financieros del Proyecto AD/BOL/88/412, se tenía implantadas 10 ha de menta japonesa y 70 ha de pasto de cedrón. Adicionalmente se construyeron e instalaron extractores industriales de $5m^3$ de capacidad en las comunidades mencionadas, bajo la supervisión del PAGQ.

En el año 1992, una vez cumplidos los objetivos trazados en el plan de actividades, el PAGQ se retiró de la ejecución, luego de realizar un programa de capacitación en el manejo de cultivos y la operación de las unidades de extracción.

En el CUADRO 4 se muestra la producción de aceites esenciales en el Chapare, durante la primera fase de implementación del proyecto con Naciones Unidas.

DESCRIPCION	PRODUCCION (kg)		
	1992	1993	1994
Menta japonesa	225	54	70
Pasto cedrón	344	410	213

Cuadro 4. PRODUCCION DE ACEITES ESENCIALES EN EL CHAPARE

A finales del 1993, comenzó sus actividades el Proyecto de “Desarrollo Agroindustrial del Chapare”, AD/BOL/93/818, dependiente de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Agroindustrial, ONUDI, como una alternativa de solucionar de mejor manera los problemas que se confrontaban en las agroindustrias de la zona del Chapare.

Este proceso comprendía, entre otros, la reorganización, racionalización y reestructuración de algunas plantas agroindustriales, dentro de las cuales figuraban las dos plantas extractoras de aceites esenciales.

Con la perspectiva de poder promover el desarrollo de una actividad rentable en la producción, el proyecto AD/BOL/93/818, contrató expertos extranjeros para analizar la comercialización en el mercado nacional y externo.

Como resultado de estos trabajos de consultoría, pudieron establecer algunos criterios importantes, resumidos a continuación:

• La producción de aceites esenciales en la región del Chapare puede ser una actividad rentable con los cultivos existentes. Es necesario que las comunidades diversifiquen la producción, para no depender de un cultivo en particular.

• Según los análisis preliminares de mercado, se sugiere las siguientes especies de interés comercial: menta japonesa (*Mentha arvensis*), pasto cedrón (*Cymbopogon citratus*), eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*), vetiver (*Vetiveria zizanioides*)., patchouli, limón sutíl (*Citrus aurantifolia*), albahaca, palmarrosa (*Cymbopogon martinii*)y citronela (*Cymbopogon winterianus*).

• Existe posibilidades de comercialización en el mercado nacional y externo.

• Se deben establecer programas de capacitación y contactos institucionales que hagan viable un seguimiento de los cultivos seleccionados y una certificación de la calidad de los productos elaborados.

En consideración a las recomendaciones elaboradas por el Proyecto AD/BOL/93/818, se crearon dos asociaciones de productores.

La Asociación Agroindustrial de Productores del Sajta (AGROVASA) y la Asociación de Productores de Citral.

En AGROVASA se continuó con el cultivo de menta y se introdujeron en forma experimental los cultivos de eucalipto, citronela, palmarrosa y vetiver.

Los cultivos introducidos en Senda D fueron de *E. citriodora*, *E. globulus*, palmarrosa y citronela.

A mediados del 1992, surgió un problema muy serio en los cultivos de pasto cedrón de la comunidad de Senda D, debido a una enfermedad fungosa, Curbularia, que atacó a las plantas. Esta enfermedad devastó los cultivos existentes, y las 70 ha implantadas tuvieron que ser quemadas por recomendaciones de los expertos. Como resultado de este problema, para fines de 1993, el área bajo cultivo se redujo a unas 2 ha.

Después de haberse quemado los cultivos de pasto cedrón en esta localidad, se iniciaron nuevos intentos de cultivos pero resultaron afectados nuevamente por la enfermedad de “Corbularia”.

La asociación de productores de menta luego de alcanzar la expansión de cultivos prevista, presentó problemas entre sus asociados por factores ajenos al proyecto, lo que ocasionó el desinterés de los agricultores y los cultivos se redujeron notablemente.

El proyecto AD\BOL\93\818 hasta el año 1995, realizó inversiones importantes y sentó las bases para la instalación de una agroindustria aceitera en la zona del Chapare. Una vez que el proyecto AD/BOL/93/818 concluyó su intervención en la zona del Chapare con los distintos programas a su cargo, la Asociación Agroindustrial de Productores del Valle del Sajta inició contactos con el Programa Agroquímico-”UMSS”, para continuar conjuntamente los proyectos de aceites esenciales.

En este trabajo conjunto, el PAGQ tendría su área de acción en el asesoramiento técnico de la producción vegetal, certificación de la calidad de los aceites producidos, y, principalmente, la comercialización de los productos en el mercado nacional y externo.

Actualmente, por las condiciones socioeconómicas de la zona del Chapare, los proyectos de aceites esenciales descritos anteriormente se encuentran paralizados, quedando la infraestructura de producción de aceite y parcelas de los cultivos introducidos reducidas.

Proyecto aceite esencial de especies nativas

El proyecto aceites esenciales de especies nativas se ha implementado de una manera distinta a la planteada en la metodología de trabajo.

En este estudio se elaboró primeramente un proyecto de prospección de especies nativas portadoras de substancias aromáticas que han sido identificadas en distintas fuentes bibliográficas.

En la primera etapa del proyecto se realizaron viajes de exploración hacia las zonas de los Yungas, Valles y Punas del departamento de Cochabamba, con la finalidad de recolectar material vegetal para la extracción del aceite esencial y posterior caracterización fisicoquímica. Trabajo conjunto realizado con LASEVE de la Universidad de Quebec.

Las muestras caracterizadas se remitieron al exterior para abrir una vía de comercialización de los productos. En la toma de contacto con las empresas se tuvo la colaboración del GRET de Francia.

La segunda vía de contactos fue mediante la presentación de trabajos científicos en eventos internacionales y ruedas de negocios.

Las actividades desplegadas tuvieron como único objetivo cuantificar el mercado potencial y sobre la base de estos resultados, organizar centros productivos en el área rural para la explotación de aceites esenciales de origen nativo.

En la localidad de Totora, a 141 km de la ciudad de Cochabamba, se encuentra la “Asociación de Productores de Aceites Esenciales Nativos-TARY”, con mas de 50 familias asociadas, que producen aceite esencial de romerillo.

Con similares características de organización, en las comunidades de Koluyo y Larati a 40 km al noreste de la ciudad de Cochabamba se produce el aceite esencial de muña negra.

Por similitud de tecnologías, en algunas comunidades la producción de aceites esenciales de especies nativas se extrae paralelamente al aceite esencial de eucalipto.

La mayor parte de la producción se comercializa en los mercados del Japón y Francia. En el CUADRO 5 se muestra la producción de especies nativas de romerillo, molle, muña negra y t’ola. La explotación de esta última especie se encuentra en fase inicial de prospección de mercado.

DESCRIPCION	PRODUCCION (kg)		
	AÑO 1996	AÑO 1997	AÑO 1998
Romerillo	85,7	168,3	190
Molle	34	2	90
Muña negra	-	39,5	40
T’ola	4	10	15

Cuadro 5. PRODUCCION DE ESPECIES NATIVAS

El material vegetal se obtiene de la población silvestre bajo un sistema de explotación racional y sostenible, evitando la sobreexplotación para evitar la desaparición de las especies. Para cubrir fases de mayor producción se están iniciando programas de domesticación de las especies.

Estrategia de desarrollo del sector aromático de Cochabamba

Tomando en cuenta los tres aspectos importantes dentro de una agroindustria rural de aceites esenciales, la extrema pobreza en que viven muchas familias del área rural, la posibilidad de generar recursos de especies nativas que antes no tenían ningún valor económico y la experiencia lograda durante varios años, permitió crear al PAGQ una “Estrategia de Desarrollo” compuesta por tres etapas básicas: “Estudio de la Biodiversidad” mediante la explotación de recursos vegetales, “Desarrollo Tecnológico” basados en técnicas de extracción, purificación de principios activos y búsqueda de mercados, finalmente, “Transferencia Tecnológica”, basada en la creación de microempresas para las actividades productivas.

Los componentes Estudio de la Biodiversidad y Desarrollo Tecnológico son de carácter investigativo. En cambio, la componente Transferencia de Tecnologías es de carácter productivo.

Estudio de la biodiversidad

En este componente, se efectúa una prospección de especies nativas mediante viajes de exploración a regiones de influencia del proyecto. Dentro de las actividades importantes contempladas, están la caracterización fisicoquímica de los principios activos y remisión de muestras a industrias perfumeras en el exterior del país. Con los resultados que se obtengan se puede estimar la potenciabilidad económica de los productos.

Entre otras actividades, dentro del mismo componente, se espera también efectuar estudios botánicos de la materia prima vegetal, clasificación taxonómica y estudio preliminar de reproducción.

Desarrollo tecnológico

En el Desarrollo Tecnológico se incluyen etapas de domesticación de las especies nativas con interés económico, estudios agronómicos de las especies domesticadas e introducidas, estudios de procesos de extracción y purificación de principios activos y consolidación de mercado.

Como culminación de los componentes de investigación se dispondrá de paquetes de tecnologías apropiadas para la producción de materias primas vegetales de especies nativas e introducidas, procesos tecnológicos de extracción de principios activos y canales de comercialización.

Transferencia tecnológica

Sobre la base de los resultados alcanzados en los anteriores componentes, se crearán microempresas con el objetivo de comenzar etapas productivas, con participación de comunidades campesinas y transferir la tecnología desarrollada.

La coordinación de las actividades estará a cargo de una Unidad Central, que tiene como objetivo principal la de efectuar la Transferencia de Tecnologías, programas de capacitación y extensión. Búsqueda de líneas de financiamiento para llevar a cabo los distintos componentes de investigación y producción.

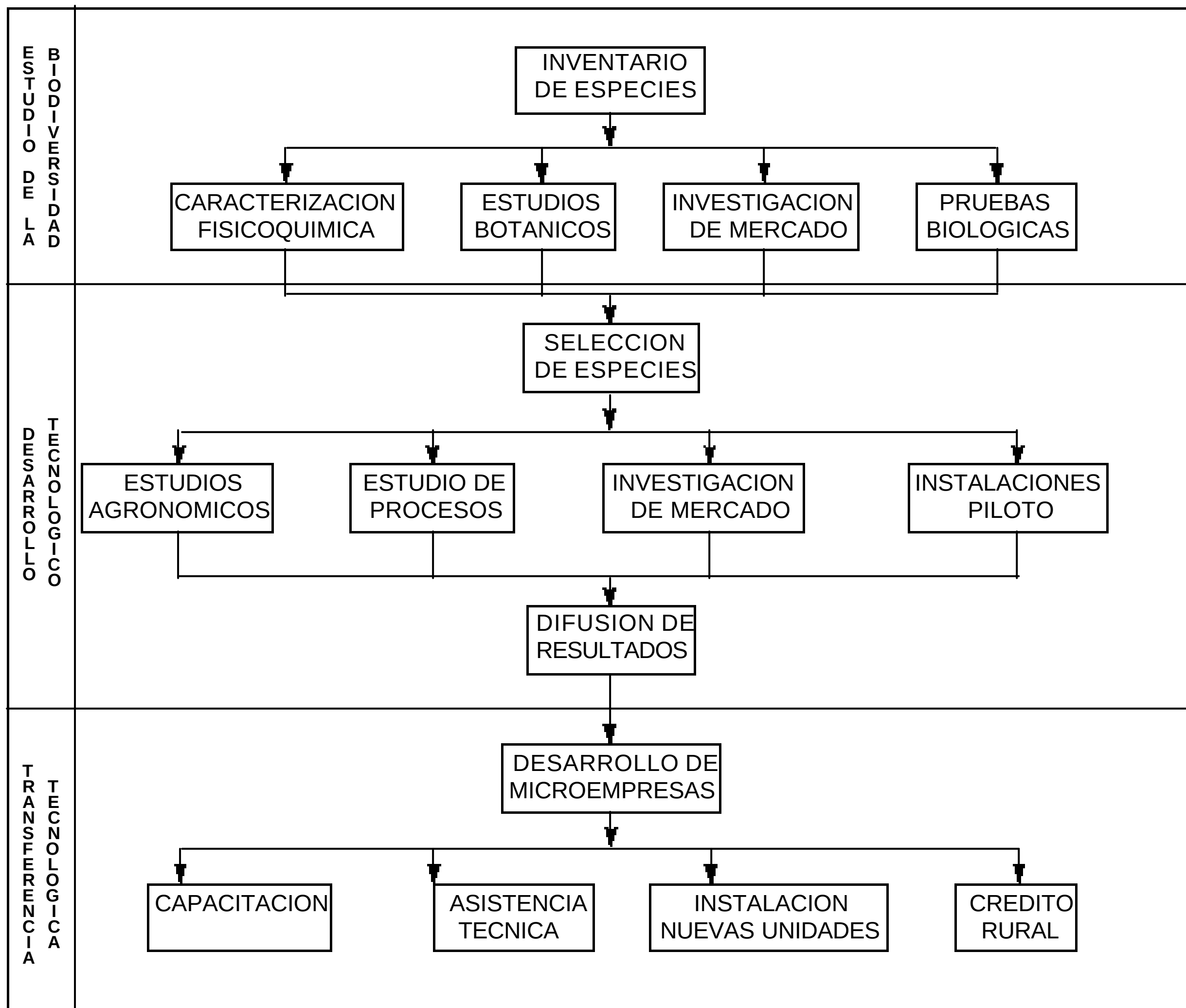


Figura 4. ESTRATEGIA DE DESARROLLO DEL PROGRAMA AGROQUIMICO

Factores determinantes para el desarrollo de una agroindustria de aceites esenciales

Se ha encontrado que los factores principales que condicionan el desarrollo de una industria nacional de aceites esenciales son la Producción de material vegetal, Capacidad Tecnológica local y Existencia de Mercado.

Producción de material vegetal

La agroindustria de productos naturales no puede abstraerse a la realidad de pretender incursionar sin contar con una oferta agrícola estable, homogénea, económica y de calidad apropiada.

En el caso de las especies vegetales estudiadas y utilizadas por el Programa Agroquímico en sus proyectos, le ha tocado enfrentar tres situaciones. Se deben introducir conceptos y prácticas de mejoramiento de cultivos en el caso de cultivos ya existentes, introducción de cultivos en el caso de cultivos nuevos y, finalmente, domesticación de cultivos en el caso de especies silvestres.

Capacidad tecnológica local

Mucho se ha escrito y discutido sobre la dependencia tecnológica de los países en desarrollo, llegando inclusive a mencionarse la existencia de una correlación directa entre la capacidad científica-tecnológica de un país y su grado de desarrollo.

Tema tan amplio, sin embargo, no es pertinente analizarlo en esta ocasión. No obstante, se podrá llegar a conclusiones reveladoras al respecto a través del estudio de caso del proceso enfrentado por el Programa Agroquímico.

El seguimiento de la metodología adoptada, que se puede sintetizar en investigación aplicada, condicionó la ejecución de los distintos proyectos y actividades de investigación, por la dificultad de encarar esta tarea en un país sin experiencia ni equipamiento para la investigación.

En esta situación, se contó con el apoyo internacional canalizado a través de instituciones de apoyo al desarrollo que complementaron una relación por demás fructífera entre dos instituciones regionales como son la Universidad estatal local y la Corporación Regional de Desarrollo de Cochabamba. Ambas instituciones con objetivos complementarios lograron conjuntamente, a través de este Programa, resultados que de manera separada no los hubieran conseguido. Y en el desarrollo de nuevos procedimientos y en la interrelación con grupos de investigación de la región iberoamericana, debe destacarse la contribución del Programa CYTED.

A través de los años se ha logrado consolidar así, una infraestructura técnica-científica en el país, con capacidad de generar y viabilizar otros proyectos en períodos cada vez menores, toda vez que se acrecienta la experiencia y la disponibilidad de medios.

Se cuenta también con capacidad de interlocución con el ambiente científico y técnico mundial, acelerándose cada vez más los procesos de transferencia de conocimiento en mejores condiciones para el país receptor.

Existencia de mercados

Indudablemente, en todo proceso de generación de industrias debe considerarse al mercado como un factor determinante.

Dentro de la metodología de trabajo del Programa Agroquímico, previa la priorización de un proyecto se efectúa un sondeo de mercado que indique por lo menos de manera superficial su tamaño y sus tendencias. Esta etapa es iterativamente realizada cada vez con mayor precisión a medida que el proyecto se desarrolla.

Sin embargo, y a diferencia de los factores indicados anteriormente, se ha encontrado que éste es él más difícil de enfrentar. Es aquí donde se presentan las mayores diferencias en perjuicio del nuevo productor, especialmente por el desconocimiento que se tiene del mercado.
Los consumidores exigen del productor calidad, cumplimiento de compromisos en cuanto a volúmenes y fechas de entrega y, finalmente, precios competitivos. Para un nuevo producto es muy complicado cumplir con todos estos requisitos, especialmente cantidades.

El Programa Agroquímico se debate aún con sus proyectos de aceites esenciales entre engorrosas situaciones de ajustarse a estos requisitos. En algunos casos no se dispone de los volúme-

nes solicitados, en otros los precios internacionales son bajos y, ni siquiera se puede detectar un canal de comercialización.

La estrategia para sobrevivir frente a estas circunstancias adoptada por el Programa Agroquímico se apoya en la producción a escala piloto, por la que no únicamente se estudian problemas de escalamiento, sino también se efectúa una comercialización a pequeña escala, mayormente en el mercado interno. De esta manera se viabiliza también la explotación agrícola inicial, normalmente dificultosa cuando se trata de cultivos nuevos o silvestres.

Capitulo XV
Otras aplicaciones de los aceites esenciales

Hemos visto que las plantas aromáticas y sus esencias tienen otros usos, además de su aplicación en la industria de fragancias y sabores. Muchos de ellos suelen ser empleos esporádicos y a veces muy sofisticados, pero si se exploran cuidadosamente, pueden ofrecer una atractiva alternativa de mercado para su comercialización. El éxito comercial que tiene en la actualidad el árbol del té o tea tree (*Melaleuca alternifolia*) en el mundo, es un claro ejemplo de lo que se puede lograr con un nuevo aceite esencial y un buen manejo del mercado, en este caso dentro de la aromaterapia. De ser una esencia casi desconocida fuera de Australia, hoy se comercializan más de 200 tn/año, y a pesar de esto no se tienen parámetros claros sobre cuál es la mejor calidad de esta esencia (Southwell y col.,1996).

Muchos productores están especializados en satisfacer estos reducidos pero exigentes nichos de demanda y para ello seleccionan los materiales más apropiados y ofrecen la mayor cantidad de variedades posibles para cada caso. Es una realidad más que demuestra las ventajas de la diversificación y la alta especificidad del mercado de las aromáticas. Los dos sectores usuarios de aceites esenciales que explicaremos más en detalle son el de la medicina y la agricultura, pero también hablaremos de las posibilidades de algunos aceites esenciales como proveedores de disolventes industriales.

Actividad farmacológica de los aceites esenciales

Los aceites esenciales, utilizados en una forma farmacéutica definida y con una dosis precisa, son tan medicamentos como lo pueden ser un alcaloide, un antibiótico o una enzima. De hecho la medicina de todas las culturas han usado plantas aromáticas como medicinales, y aún en nuestros días la manzanilla, la melisa o el clavo y sus esencias, están tanto en la cocina como en el perfume o entre las drogas medicinales. Es muy probable que las plantas aromáticas hayan estado entre las primeras medicinas conocidas por el hombre, pues el solo hecho de disponer de un fuerte olor, debe de haber despertado en el hombre primitivo el interés por su posible uso. El sentido de los sahumerios religiosos, que es el origen de la perfumería (*per fumum*: por el humo) moderna, era el de desinfectar los ambientes donde se congregaban la gente para orar. Desde estos usos religiosos, hasta los mágicos, estéticos o tan prácticos como las resinas usadas para embalsamar entre los egipcios, todos estaban fundamentados en las propiedades de los aceites esenciales.

Desde sus principios la historia de los perfumes, y por ende de los aceites esenciales, se arraiga en las ciencias farmacéuticas. Occidente expandió la industria de las fragancias con la experiencia y las materias primas que aportaron todos los pueblos de Oriente, en lo que los árabes

llamaron la *ciencia de la balanza*, que incluía tanto los conocimientos farmacéuticos como los de los perfumes. En la Edad Media las corporaciones de especieros y boticarios ejercieron el arte de los perfumes, hasta que recién en el siglo XVIII comenzaron a independizarse los primeros perfumistas en ciudades como Grasse, hoy llamada la cuna de la perfumería en Occidente. La familia Farina en el siglo XVII, fue la creadora del *agua admirabilis*, especie de Panacea que llegó a tener una gran reputación como medicina y dio origen en Colonia, Alemania, al *agua de Colonia 4711*. Cuando Napoleón decretó en 1810 que todos los medicamentos debían tener la fórmula declarada, al *4711* se lo transformó en un perfume para obviar tal requisito, naciendo así uno de las fragancias más famosas en Occidente, junto al agua de la Reina de Hungría otro perfume-medicamento basado en los atributos de la esencia de romero. Es indudable que detrás de todos estos perfumes había un sentido práctico, higiénico, y muchas veces hasta profiláctico, que se fundamentaba en las propiedades que ejercían los aceites esenciales sobre los seres vivos, en la salud o en la enfermedad. Y estas propiedades fueron empleadas por los egipcios, los griegos, los chinos, los indios americanos, las tribus africanas, y en general todas las culturas conocidas, aprovechando sus riquezas florísticas aromáticas para el ejercicio de la medicina. En nuestros días esa experiencia ha sido avalada por infinidad de estudios científicos que han demostrado la efectividad de su uso.

Son muchas las propiedades farmacológicas atribuidas a los aceites esenciales, pero algunas de ellas son muy preconizadas por presentar ventajas importantes respecto de otros medicamentos tradicionales. Hay que tener en cuenta no obstante que algunas esencias pueden ser muy peligrosas si no son manipuladas con un criterio profesional, en la forma, dosis y circunstancias apropiadas.

La principal propiedad de las esencias que se utiliza en medicina es la volatilidad, haciéndolas ideales para ser usadas en nebulizaciones, baños de inmersión o simplemente por vía nasal en inhalaciones. Además, por estar compuestas por moléculas relativamente pequeñas, penetran fácilmente a través de la piel cuando son usadas en masajes y baños de inmersión. Esto por ejemplo fue demostrado con la carvona, observándose que a los 30 minutos de realizarse el masaje aparece el pico máximo de concentración de esta cetona en plasma (Fuchs y col., 1997). Como consecuencia de su volatilidad y por el bajo peso molecular de sus componentes, son productos que rápidamente se eliminan del organismo por las vía metabólicas normales. Se ha estimado en una hora el tiempo promedio que un monoterpeno permanece en el organismo después de ser administrado. Sin embargo tienen sí una amplia distribución en el cuerpo. Estos factores hacen que sus efectos fisiológicos sean efectivos, pero en general suaves y temporarios, y normalmente no presenten problemas por acumulación en el organismo. Los compuestos más hidrofílicos se eliminan en general por la vía renal, mientras que los lipofílicos (los más) se eliminan mayormente por la vía pulmonar (Nouene, 1967).

Existen relativamente pocos trabajos sobre la farmacocinética y biodisponibilidad de los aceites esenciales. Kohlert y col. (2000) hicieron recientemente una revisión de los antecedentes publicados sobre absorción a nivel dérmica, pulmonar o por vía oral. En cuanto al metabolismo de las esencias, no existe un único mecanismo de eliminación, como era de esperar si se tiene en cuenta la variedad de constituyentes que pueden presentar. Los tres mecanismos más comunes encontrados son: la oxidación (caso de los fenoles como el timol), la conjugación con el ácido glucurónico (como el mentol), y la simple eliminación por orina (como ocurre con el anetol) o por el aliento o el sudor. En el caso del eucaliptol, se observó una significativa diferencia en cuanto a la vida media en el organismo según el sexo de la persona, cuando se prescribe por inhalación. En las mujeres la eliminación demora el doble de tiempo que en los hombres, por lo que se propuso que el tejido adiposo subcutáneo pudiera ser un importante regulador en su depleción (Jäger y col., 1996).

Las características sensoriales que presentan (olor y sabor) suelen facilitar su prescripción, sobre todo en niños. Pero además pueden provocar efectos colaterales deseables, tal como ha sido demostrado en aromaterapia, como estimular el sistema límbico y por lo tanto el inmunológico, ejercer una acción psicológica y actuar con un efecto placebo (es decir que sin tener una acción esperada, predispone al usuario a modificar su estado de ánimo y a veces su estado físico).

Estas formas de acción hacen que en algunos casos se haga difícil demostrar científicamente el valor terapéutico de las esencias, pues es casi imposible realizar un ensayo por el método del doble ciego, donde ni el profesional ni el usuario sepan cuándo se usa la esencia y cuándo un placebo: el olor o el sabor actúan como lógicos discriminatorios o elementos de identificación. Más aún, se han observado conclusiones contradictorias, donde una esencia como la de azahar (flores del naranjo amargo) tienen un efecto estimulante o relajante a nivel psíquico, según el sujeto en cuestión reconociera un olor floral o cítrico en el aceite esencial (Jellinek, 1997). Esto demostraría una clara relación efecto-mecanismo hedónico o psicológico de acción, que resulta casi imposible de separar de cualquier efecto farmacológico, si no se elimina la sensación olfativa previamente (Warren y col. 1993). Kirk-Smith (1997) expuso algunas consideraciones básicas como para poder normalizar las técnicas de evaluación de los efectos farmacológicos de las esencias.

Otros elementos de interés en los aceites esenciales son la facilidad con que se los puede aislar de las plantas, y que son productos lipofílicos de bajo peso molecular (es decir son moléculas relativamente chicas y solubles en disolventes no polares), lo que permite su fácil absorción a través de la epidermis, en masajes, cremas o baños (Buchbauer, 1993).

Y por último, muchas esencias naturales presentan una toxicidad muy baja, y de hecho son consumidas en alimentos, infusiones y bebidas por casi cualquier persona, lo que demuestra un amplio intervalo de seguridad para determinar su dosificación apropiada.

Todas estas propiedades valen también para el uso en cosmética, es decir para ejercer una acción tópica sobre la piel o mucosas, o simplemente para actuar como correctores de sabor u olor, con fines estéticos. Aunque su importancia en la perfumería es indiscutible, conviene recordar el uso de las esencias naturales en dentífricos, lociones, masajes, lápices labiales (por su olor y sabor), cremas, etc.

Por razones prácticas (mejor control de pureza y estabilidad), muchas veces los aceites esenciales naturales son usados para aislar un compuesto puro, como eugenol, timol, mentol, eucaliptol, farnesol, bisabolol, etc, para ser usados a su vez en medicina o en cosmética. Estos compuestos son parte de numerosas formulaciones clásicas, y son a veces reemplazados por su similar sintético, aunque no sea siempre válida esta sustitución. Si bien el mentol y el alcanfor sintéticos y naturales tienen los mismos efectos sobre el organismo, otros productos como el bisabolol requieren ser aislados del vegetal, porque necesariamente tienen que tener un tipo específico de estructura espacial (o isomería), tal como la tiene en la naturaleza, y que químicamente se expresa como α-(-)-bisabolol. Este producto se encuentra en la manzanilla alemana (*Matricaria recutita*) y en un árbol brasileño de donde se lo obtiene industrialmente: el *Vanillosmopsis erythropappa*, de la familia de las Asteráceas, por contener un 3% de esencia con más de 90% de α-(-)-bisabolol. Por síntesis se logra una mezcla de dos isómeros, llamados racémicos, uno que es idéntico al natural y es activo, y el segundo inactivo, por lo que la actividad de la mezcla es casi 50% menor que la del producto natural. Es un ejemplo típico de cómo algunos compuestos naturales aún no pueden ser reemplazados por sintéticos.

Posiblemente los diferentes resultados farmacológicos obtenidos con un mismo terpeno proveniente de distintos aceites esenciales, tenga también que ver con la riqueza isomérica presente en cada caso. Por este motivo resulta altamente aconsejable determinar la quiralidad de los principios activos presentes en un aceite esencial, para garantizar su actividad terapéutica (Lis-Balchin y col., 1998). Pero antes que esto, la pauta más importante a la hora de evaluar o utilizar un

aceite esencial o una planta aromática para fines medicinales, debe ser una correcta descripción de su composición en volátiles. Se ha alertado reiteradamente en este libro sobre la sustancial variabilidad que estos productos tienen, por lo que de nada vale publicar un trabajo sobre una actividad biológica, o proponer su aprovechamiento, si no se tiene un conocimiento cabal del perfil constitutivo del material. Miraldi y col. (2001) advirtieron este hecho en un extenso trabajo realizado con materiales provenientes de distintos laboratorios europeos, y determinaron fuertes fluctuaciones de calidad, muchas de ellas realmente injustificadas e inaceptables.

Nos referiremos aquí en forma resumida a las principales propiedades de los aceites esenciales por lo que se usan tanto en medicina como en cosmética.

Acción antiséptica y bactericida: Es posiblemente la acción más conocida y usada de las esencias. Casi no hay esencias que no tengan alguna actividad antimicrobiana, aunque son pocas las que tienen un efecto antifúngico, como la *Eucalyptus citriodora* (ahora nombrada *Corymbia citriodora*) (Janssen y col., 1987; Ramezani y col., 2002) o las que contienen altas proporciones de citral, como el lemongrass, *Litsea cubeba* y *Aloysia triphylla* (Guarrera y col., 1955; Lis-Balchin y col., 1998). Horne y col. (2001) propusieron el uso de algunas esencias ricas en fenil propanoides (canela, clavo, orégano, tomillo) para el tratamiento de infecciones como pneumococos debido a la resistencia a drogas tradicionales.

La potencia antiséptica de las esencias dependen mucho de los compuestos activos presentes y su proporción, pero en principio los más activos son los aceites esenciales ricos en fenoles: tomillo (contiene altos porcentajes de timol y carvacrol), clavo (contiene eugenol e isoeugenol), salvia; y las esencias con alcoholes y cetonas: mentas (mentol y mentona), orégano (carvacrol y terpinenol-4), pino y trementina (α y β pineno), etc. En algunos casos se ha demostrado una relación directa entre la solubilidad en agua de los terpenos presentes en las esencias y su poder antiséptico: cuanto más hidrosolubles son, más poder antiséptico presentan (Knobloch y col. (1989). También juega un rol preponderante la facilidad con que cada molécula pueda generar una unión tipo puente de hidrógeno. Por este motivo se ha observado que tanto los hidrocarburos como los acetatos son mucho menos activos que sus derivados oxigenados, porque éstos pueden generar fácilmente un puente de hidrógeno (alcoholes, aldehidos, cetonas, fenoles) (Griffin y col., 1999).

Existe en aromaterapia y en los procedimientos de conservación de alimentos la costumbre de usar mezclas de aceites esenciales para potenciar el efecto antiséptico de cada uno de ellos. En los alimentos además se pretende reducir el impacto que puedan tener sobre el olor o el sabor del producto final, al emplearse menores cantidades de cada una de las esencias. Sin embargo se ha demostrado que esto no mejora ni preserva la actividad antimicrobiana, sino por el contrario, se observa un lógico efecto de dilución que hace reducir la actividad total de cada esencia (Lis-Balchin y Deans, 1998).

Gracias a esta actividad antimicrobiana las esencias son muy usadas para problemas de las vías respiratorias y como antiséptico bucal o en dentífricos, para infecciones urinarias, de la epidermis y en odontología. Incluso este efecto antiséptico es aprovechado en cosmética, donde se ha llegado a producir desodorantes elaborados exclusivamente con aceites esenciales naturales y en productos de limpieza, de tocador, alimentos y agroquímicos.

En el caso de la esencia de peperina, *Minthostachys mollis*, se determinó su actividad antiviral ante el herpes simplex y el virus pseudorrabia (Primo y col., 2001).

Se han propuesto métodos analíticos para la evaluación de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales, evitando el problema de la poca solubilidad de estos productos en los medios de cultivos tradicionales (Smith y col., 1996; Mann y col. 1998). En muchos trabajos lo que se propone es emulsionar la esencia con productos como el Tween 20 u 80 en una proporción 1:1 a 1:7.

Acción antihelmíntica o antiparasitaria. Varias plantas aromáticas son usadas en distintas partes del mundo por este efecto, debido a la acción de sus aceites esenciales. El paico (*Chenopodium spp.*) por su contenido en ascaridol tal vez sea el más conocido en América, así también como el boldo (*Peumus boldus*). Sin embargo se está desaconsejando su uso si no es a través de un profesional de la salud, debido a que presenta una alta toxicidad, teniendo su dosis efectiva muy cercana a la tóxica, por lo que es muy común que aparezcan problemas, sobre todo cuando es usado en niños. La incuestionable virtud del paico es mejor aprovechada en veterinaria. Otras esencias antihelmínticas son las de ajenjo (*Artemisia absinthium*), eucalipto, clavo, sassafrás, etc.

Efectos sobre el sistema nervioso central: existen esencias con efecto sedante cuando son inhaladas, como las de neroli y lavandas (Jäger y col., 1992; Buchbauer y col., 1991, 1993 1993ª; Cavanagh y Wilkinson, 2002), o euforizantes como la esencia de limón (Tanida y col. 1992). Se ha demostrado el efecto benéfico de la esencia de lavanda en casos de insomnios seniles (Kirk-Smith, 1995a). Es tradicional el uso de la valeriana, el lúpulo y la melisa como tranquilizantes, aunque no se sepa con seguridad en la primer especie si esta acción se debe a la esencia de la planta o a los valepotriatos, o a una sinergia de efectos. En la melisa sí fue demostrado que los causales de este efecto son el citral, el citronelal y el linalol presentes en la esencia (Wagner y col. 1973). El efecto sedante del linalol fue bien demostrado (Elisabetsky y col., 1995), además de su efecto espasmolítico (Lis-Balchin y Hart, 1999). El efecto ansiolítico de muchos de estos terpenos se cree que se deben a un efecto sobre los receptores benzodiazepínicos, y además se ha visto una relación directa entre la liposolubilidad de los terpenos presentes en las esencias y su acción sedante (Buchbauer, 1993).

Otros aceites esenciales en cambio, presentan una actividad estimulante sobre el sistema nervioso central. Esto fue claramente demostrado con la esencia de romero por ejemplo, donde se comprobó una relación directa entre la concentración de eucaliptol en la esencia de romero y su estimulación de la actividad motora en ratones (Kovar y col., 1987).

En un trabajo reciente se ha planteado la posibilidad de utilizar la esencia de *Salvia lavandulaefolia* (cuyos componentes principales son el geraniol, borneol, acetato de bornilo, alcanfor, tuyona y eucaliptol) para el tratamiento del mal de Alzheimer, debido a que se ha encontrado que dosificado por vía oral, inhibe la colinesterasa *in vivo* en ratas (Perry y col., 2002).

Efectos inmunomoduladores: Se han demostrado modificaciones del sistema inmunitario debido a la utilización de aceites esenciales (Kirk-Smith, 1999). También se confirmó la inhibición de la fagocitosis en ratones por el aceite esencial de albahaca (Courrèges y Benencia, 2002).

Efectos rubefacientes: algunas esencias, como las de trementina, romero, gaulteria y el alcanfor, son usadas en masajes por provocar irritación local, efecto que si es manejado con cautela, es muy apropiado para realizar masajes en zonas con dolores musculares o reumáticos, o para favorecer la circulación sanguínea capilar.

Efectos sobre el aparato respiratorio: Además de las esencias usadas como antisépticas en casos de infecciones de las vías superiores, otras son empleadas como expectorantes, como las esencias de *Pinus*, trementina, tomillo y de *Eucalyptus* tipo eucaliptol (Schilcher, 1986).

Efectos sobre el aparato digestivo: Infinidad de plantas aromáticas son usadas en todo el mundo como digestivas, en infusión o en licores y amargos: la manzanilla, el cedrón (*Aloysia triphylla*), la muña o peperina (*Minthostachys spp.*), el poleo (*Lippia spp.*), la menta, el hinojo, anís, co-

riandro, romero, etc. Aunque algunos creen que el solo hecho de tomar agua caliente o una porción de alcohol ya favorece la digestión, es indiscutible por los trabajos que así lo demostraron el efecto carminativo y espasmolítico de muchos terpenos presentes en las esencias de estas plantas aromáticas, además del efecto colagogo y colerético (borneol, alcanfor, mentol) (Giacchetti y col., 1988; Trabace y col., 1992). En los últimos años se ha difundido el empleo de la esencia de menta para el síndrome del intestino irritado.

Efectos sobre las vías urinarias: Es típico el uso de la esencia de bayas de enebro y la esencia de las hojas de buchú como diurético, aunque también en este caso hay que tener cuidado sobre la dosis y a quién se le da la esencia, porque en dosis mayores a las normales puede ser muy irritante y hasta provocar hemorragias urinarias.

Efectos antiinflamatorios: Los azulenos y el bisabolol citado precedentemente, son ejemplos de sesquiterpenos presentes en varias plantas, pero sobre todo en la esencia de manzanilla alemana (*Matricaria recutita*), por lo que esta especie es ampliamente usada en cremas, talcos y pomadas con esta finalidad, aún en pediatría y geriatría, dada su baja toxicidad (Jakovlev y col. (1979, 1983); Isaac (1979); Szelenyi y col. (1979). Debe tenerse en cuenta que en la manzanilla hay otros compuestos ajenos a la esencia (polisacáridos y flavonoides como la apigenina por ejemplo) que también tienen esta actividad, motivo por el cual se usan mucho también extractos hidroalcohólicos o alcohólicos totales de manzanilla. La actividad antiinflamatoria del eucaliptol, presente en alta proporción en numerosas esencias (eucaliptos, espliego, romero, etc.), también fue demostrada fehacientemente (Santos y Rao, 2000). Otras esencias naturales han sido también empleadas como antiinflamatorias, como las de cedrón, albahaca, *Cedrus deodara* y jazmín (Morales, 1981; Courrèges y col., 2002; Shinde y col.; 1999).

Acción antioxidante: Se ha encontrado este efecto en varias esencias naturales, evaluadas con diversas técnicas *in vitro*, como la manzanilla, el romero, la menta, el hinojo, el cedrón y el tomillo (Svoboda y col., 1995; Deans y col., 1993; Lic-Balchin y col., 1998; Pizzale y col., 2000).

Acción antiartrítica, antirreumática: Se ha encontrado que el eugenol, la verbenona y el timol, presentes por ejemplo en las esencias de clavo, canela y tomillo (Wagner y col., 1986; Chiarello y col., 1987) tienen estos efectos debido a una acción sobre la síntesis de prostaglandinas. Un efecto antiinflamatorio fue descripto para el eucaliptol usado por vía oral, además de una acción anestésica periférica (Santos y Rao, 2000). También se determinó una significativa acción anestésica con el β cariofileno (Ghelardini y col., 2001a), sesquiterpeno ampliamente difundido en las esencias, y constituyente mayoritario en las fracciones pesadas de la esencia de clavo.

Otros efectos y aplicaciones medicinales: Muchas veces se han utilizado a las esencias naturales como vehículos o coadyuvantes para facilitar la absorción de otros medicamentos, como antibióticos y alcaloides. La esencia de cade (obtenida por vía húmeda o seca del *Juniperus oxycedrus*) es uno de los medicamentos más tradicionales para el tratamiento de la psoriasis y otras afecciones de la piel (Bouhlal y col., 1988). Se ha demostrado un posible efecto anticancerígeno con algunos terpenos (entre ellos la carvona y el limoneno) presentes en las esencia de alcaravea y eneldo (Zheng y col. (1992).

El mentol es un terpeno que posee algunas propiedades sobre el organismo muy peculiares, por lo que se lo considera un verdadero leit motiv en la formulación de numerosos cosméticos y medicamentos, sin considerar la extraordinaria preponderancia que tiene en otros secto-

res, como las industrias tabacaleras y alimenticias. El efecto más típico es el que provoca a nivel tópico según la dosis utilizada. En bajas concentraciones, provoca una sensación de frescura o frío, debido a su injerencia en el traspaso del ion Ca a través de la membrana celular. Este efecto puede llevar incluso a una acción analgésica y anestésica tópica, y es aprovechado en cremas antisolares, antipruriginosas, dentífricos, talcos para los pies, etc. (Galeotti y col., 2001). Un efecto anestésico similar pero mucho menor y sin provocar sensación de frío, fue encontrado con otros terpenos como el terpineol y el *trans* anetol (Ghelardini y col., 2001). En cuanto al mentol, a mayores dosis (superior al 1 o 2 %) se transforma en un rubefaciente, que incluso puede provocar irritación dérmica o de las mucosas si se exagera la concentración. Es el único compuesto natural conocido con esta propiedad, y tiene muy pocos sucedáneos sintéticos que lo puedan reemplazar.

Varias plantas aromáticas y aceites esenciales han sido empleados también en veterinaria, como el ajo y el eucalipto en endometritis bovina (Esparza Borges y col., 1996), o como galactogogos el hinojo y la cebolla (Wheeler y col., 1993).

Efectos indeseables: Como todo producto natural, también los aceites esenciales presentan efectos adversos, siendo algunos de ellos francamente peligrosos, y por ello debieran siempre ser manipulados por un profesional de la salud cuando su uso es con fines medicinales o en aromaterapia.

Los datos que pueden encontrarse en la bibliografía sobre estos problemas pueden ser muy confusos debido a que, como ocurre con casi todos los productos naturales, muchos usuarios e incluso investigadores están influenciados por una subjetiva tendencia a resaltar las virtudes o los problemas que su uso producen. Baste por ejemplo revisar la información disponible para las esencias de eucaliptos tipo 1,8-cineol, de amplio uso en la alimentación, perfumería y medicina, y con un amplio y demostrado rango de seguridad, avalado por casi todas las normativas y legislaciones internacionales y nacionales. Sin embargo, tanto Corrigan (1992) como Guba (2000) revisaron numerosos trabajos sobre casos de alergia, dermatitis, efectos adversos sobre el sistema nervioso central, y hasta hemorragias intestinales e intoxicaciones en niños. Muchos de estos casos debieran atribuirse a una *mala praxis* (incorrecta vía de administración, dosis excesiva, interacción con otros medicamentos, problemas metabólicos o fisiológicos incompatibles con el uso de esta esencia), a una mala identificación del producto realmente usado (otras especies de eucalipto, esencias adulteradas con otros productos o medicamentos, o en mal estado, presencia de quimiotipos), o en algunos casos a la descripción de una *posibilidad* o una conclusión no avalada por estudios estadísticos, sin demostración válida de que realmente la esencia de eucalipto haya sido la causal del problema descripto.

Algunos efectos adversos reconocidos y que comúnmente provocan las esencias son:

Acción alergénica, como la manzanilla, debido en algunos quimiotipos a la presencia de anthecotulide (Hausen y col. (1984). En la esencias de tea tree (*Melaleuca alternifolia*) mal conservadas o envejecidas se ha detectado un monoterpeno: el 1,2,4-trihidroxi mentano. Se forma por descomposición del principal constituyente de esta esencia, el terpinen-4ol, y puede producir efectos alérgicos (Harkenthal y col., 2000).

Efecto fotosensibilizante de las esencias cítricas no descumarinizadas.

Efectos alucinógenos y hepatotóxicos de especies con esencias ricas en tuyonas, como el ajenjo, algunas *Thuja* y algunas salvias.

Dermatitis de contacto: Algunas esencias conteniendo altos porcentajes de fenoles (clavo, tomillo, algunas salvias) pueden provocarla e incluso producir quemaduras, en forma similar a cualquier fenol. Varias esencias de los géneros *Pinus, Abies* y *Picea* (Pináceas) son usadas en distintos tratamientos dermatológicos, bajo la forma de masajes y baños de inmersión. Corrigan

(1993) revisó la bibliografía existente sobre los posible efectos adversos que estas esencias pueden producir.
Posible efecto abortivo y hepatotóxico de esencias ricas en pulegona (*Mentha pulegium*, *Hedeoma multiflorum*, *Bystropogon* o *Minthostachys spp*., etc.).
Esencias con probables efectos cancerígenos: sassafrás (por el safrol), cálamo (β-asaronas). En este tema existen algunos trabajos que alertan sobre la posible acción cancerígena del limoneno, el metil eugenol y el metil chavicol, entre otros componentes de aceites esenciales (Homburger y col. 1988; De Vincenzi y col., 2000 y 2000a). En el caso del metil chavicol se propone incluso un límite de 0.05 mg/kg para su ingesta a través de alimentos. Sin embargo, dada la enorme difusión que tiene el uso de esencias con estos compuestos (los cítricos y la albahaca por ejemplo), y la baja dosis absorbida de las mínimas cantidades tomadas a través de la aromatización o composición de bebidas y alimentos, parece muy poco probable que lleguen a ejercer alguna actividad que ponga en peligro la salud. Solamente debieran tenerse en cuenta estos efectos cuando se pretenda usar a estas esencias en dosis importantes.
En los últimos años se ha intensificado el estudio sobre la presencia o formación de derivados peróxidos en las esencias, y su posible rol en los efectos indeseables de sensibilización ocasionados por las fragancias. Estos peróxidos se forman generalmente por procesos de oxidación, descomposición o inestabilidad ante la luz de compuestos oxigenados. Como consecuencia de esto resulta a veces imperioso el empleo de antioxidantes (del tipo del BHT, BHA o tocoferol) para preservar la calidad de una esencia. La Unión Europea ha redactado normas (Steimberg, 2002) para limitar la presencia de compuestos potencialmente generadores de peróxidos y agentes alergizantes (entre ellos: alcohol bencílico, alcohol y aldehido cinámico, citral, eugenol, geraniol, isoeugenol, citronellol, farnesol...,limoneno y linalool (¡!) en materiales de perfumería, y por ello ahora resulta imperioso conocer el contenido de estos compuestos en las esencias, con el fin de evaluar la inocuidad de su uso. También será obligatorio determinar con gran sensibilidad (en el orden de las ppm) el contenido de peróxidos totales.

Aromaterapia y aromacología

Hace veinte años, se pronosticaba (Maurin, 1980) una transformación en el mundo de los perfumes. Las exigencias del mercado o más aún, las exigencias de los promotores y formadores del mercado, cada vez tendían más hacia una simplificación y fortalecimiento de las notas olfativas, y a una multiplicación casi infinita de novedades, alienando al usuario en un mundo de complejas, estereotipadas y penetrantes formas aromáticas. Y se planteaba el autor en aquel momento si esa agonía del perfume clásico no llevaría a un remedo de simples olores, notas precisas, potentes y definidas, con objetivos de uso preconcebidos. Lo que representaba para él la extinción de una era de oro de la perfumería, donde la sugerencia y el equilibrio eran las principales armas en el arte de crear una fragancia.

En la realidad, fue realmente eso lo que ocurrió, pero felizmente sin menosprecio de la alta perfumería, dejando intacto ese mundo de sofisticaciones, alegorías e insinuaciones, en definitiva ese arte de combinar olores de que hace gala el perfumista creador. Lo que se generó en el mercado, como consecuencia de esa tendencia en el mercado, fue una masificación del uso de perfumes, una desmitificación de su uso, un aprovechamiento de sus cualidades organolépticas para resolver problemas puntuales o resaltar y definir características de un producto, de un ambiente o de un momento en la vida de la gente. Nació así la **aromacología**, o ciencia que se vale de los olores para perfumar ambientes, materiales y productos, con el fin de modificar el ánimo de la personas. El término aromacología fue acuñado por la Olfactory Research Fund en EEUU

de N. en 1982, para definir de alguna manera esta técnica de aromatización que se vale más de los aspectos hedónicos de los olores, que de los fisiológicos.

Desde identificar negocios de una marca determinada por el olor de sus sucursales, hasta perfumar la ropa interior femenina, perfumar libros o velas: los medios son innumerables, pero el fin es influenciar al usuario o al individuo a través del olfato. Claro que este recurso no es nuevo, y es difícil hacer una separación entre esta práctica y la perfumación de un cosmético o un producto de tocador o de limpieza. Pero la expansión de esta demanda del mercado fue clave para promocionar otra práctica ancestral que había quedado en descrédito: la **aromaterapia**, o ciencia que trata de prevenir o curar enfermedades mediante el uso de aceites esenciales, usando como vías de administración la nasal y la dérmica (masajes y baños).

A pesar de que existen antecedentes del uso de las esencias en medicina desde las más primitivas civilizaciones, cuando la única fuente de medicamentos era la naturaleza, hubo una época, a partir del siglo XVII, en que el consumo de esencias naturales fue volcándose casi exclusivamente al campo de la perfumería. Y hasta hace 30 o 40 años atrás, solamente la tradición popular mantenía viva la costumbre de usar almohadas con flores de lavanda para dormir más placenteramente, o la medicina casera aprovechaba los vahos de hojas de eucalipto para despejar los bronquios, o usaba unas ramas de abeto para tomar baños de vapor. Nadie atinaba a buscar una demostración de las tan preconizadas virtudes del romero, la salvia, el comino o el limón, aunque quedaron en la memoria de los pueblos como medicamentos acertados. Hubo que esperar la era moderna, con su implacable necesidad de fundamentar y garantizar todo efecto sobre el organismo, para que los aceites esenciales entraran por la puerta grande de la Terapéutica. Y, aunque aún hoy haya muchas personas que piensen en la inutilidad, o por lo menos en la ineficacia de esta práctica, ya son numerosos los trabajos que permiten demostrar científicamente los valores medicinales de muchas esencias.

Lo lamentable de esta resurrección de la aromaterapia, es que los medios de difusión y los intereses económicos han instrumentado una campaña de promoción donde se confunde un medicamento (como es la esencia usada para aromaterapia) con un producto decorativo o suntuario (como es la esencia usada en aromacología). Y no es que sea difícil encontrar el límite entre ambas prácticas, pues este límite es simplemente la declaración de un efecto terapéutico en su uso, sino que no existen reglas claras legislativas en muchos países sobre su manipulación, lo que alimenta (o es alimentado por) un mercado incontrolado de consumo de aceites esenciales, con posible riesgo para la salud pública. Países supuestamente tan desarrollados como EEUU de N. sólo recientemente han iniciado una evaluación de las declaraciones impresas en cada productos de aromaterapia, como una manera de atemperar los riesgos que la mala praxis con estos productos puede ocasionar en la población.

El origen de la aromaterapia moderna se sitúa en las primeras décadas de este siglo, cuando el ingeniero químico Gattefossé (Gattefossé, 1937), llamando a las esencias las hormonas vegetales, inició una serie de recopilaciones de antecedentes y experiencias llevadas a cabo con las esencias naturales en medicina. Dice el autor en su introducción: *treinta años de ensayos nos permiten hoy hacer un punto final y resumir el estado del arte... La ciencia nos dirá la razón de sus acciones favorables en la vida o, por el contrario, del peligro con que ellas nos amenazan?*. Esa primera época de la nueva era en aromaterapia, aún vivía en la más oscura realidad sobre la composición y propiedades farmacológicas de las esencias. Pero hemos visto en puntos anteriores que los componentes de los aceites esenciales tienen efectos farmacológicos muchas veces muy bien definidos, y manejados por un profesional de la salud pueden ser verdaderos medicamentos con las ventajas de una fácil dosificación, y los peligros inherentes a cualquier medicamento.

El problema que aún no ha sido totalmente solucionado en aromaterapia, es encontrar las técnicas apropiadas que permitan confirmar un efecto farmacológico producido por una esencia,

en forma totalmente independiente de factores psicológicos o animistas; como resultante de la irrefutable detección de las esencias por sus propiedades organolépticas. Las principales técnicas de investigación aplicables fueron revisadas por Buchbauer (1996).

¿Naturales o sintéticos?

Un aspecto que conviene analizar es qué tipo de aceite esencial debe usarse en aromaterapia, y en consecuencia, qué valores terapéuticos tienen las esencias que se están comercializando. En el mercado se pueden conseguir tres tipos de esencias: naturales, sintéticas y artificiales.

• Las naturales son las obtenidas por simple extracción, y a veces algún proceso industrial posterior de purificación, de una planta. Algunas esencias no son naturales en el sentido estricto del término: el aceite esencial de menta desmentolado es una esencia que ha sufrido un proceso de enfriamiento y cristalización para extraerle gran parte del mentol que posee naturalmente. Sin embargo aún contiene un 40 a 45% de mentol, lo que lo hace comparable a una esencia de típica menta inglesa. Por este motivo, aunque no sea estrictamente una esencia natural, se la considera como apta para su consumo en aromaterapia. Las normas internacionales, como las de IOFI (1999), aceptan varios procesos industriales (cromatografía, emulsificación, rectificación, precipitación, etc.) como modificadores de la calidad de una esencia, pero sin modificar su calidad de natural.

• Las esencias sintéticas o reconstruidas son mezclas de compuestos aromáticos, naturales y/o sintéticos, muchas veces acompañados de una parte del aceite esencial que se quiere imitar, y combinados de tal forma que reproducen casi exactamente las características organolépticas (y hasta a veces las analíticas!) de un aceite esencial natural. La finalidad de las mismas es lograr un aceite esencial similar al natural, pero sin las variaciones en calidad típicas de los naturales, y muchas veces con menor costo.

• Por último las esencias artificiales son mezclas de compuestos aromáticos, naturales y/o sintéticos, que ofrecen un aroma o un sabor particular, sin necesidad de que se parezca a alguna esencia natural, como por ejemplo una esencia artificial de frutas tropicales, o una esencia de flores blancas.

En aromaterapia, a pesar de que se están ofreciendo los tres tipos de esencias, debieran usarse exclusivamente las naturales y, en el caso de que se conozca cuál es el componente activo de la esencia a usarse, podrán usarse también los sintéticos, siempre que estén presentes los compuestos activos de la esencia natural. Por ejemplo si lo que se pretende es usar una esencia de menta, se podrá usar una esencia sintética de menta, siempre que ésta tenga el contenido adecuado de mentol, su constituyente farmacologicamente activo. Pero lo que no debería aceptarse es el uso de esencias artificiales, pues lo único que se ofrece es una fragancia agradable, pero sin fundamento científico ni efecto constatado. Estas esencias solamente se justifican en la aromacología.

Debe tenerse extremo cuidado en la denominación de las esencias usadas en aromaterapia, y considerar que no siempre una esencia de clavo o una esencia de lavanda son lo mismo. Ya se ha explicado en otros párrafos de este libro las importantes variaciones de calidad que puede presentar un aceite esencial. La única manera de normalizar el efecto farmacológico, de asegurar la inocuidad o la ausencia de efectos adversos en el uso de estos productos, es con una correcta identificación del mismo y un estricto control de su calidad, con las mismas exigencias requeridas para cualquier otro medicamento.

La demanda de aceites esenciales por parte de la aromaterapia y la aromacología fue estimada en 1994 en el 5% del mercado de esencias naturales (Tisserand y col., 1995). Pero es cada vez mayor el mercado, principalmente en los países desarrollados, donde se ha estimado su valor

actual (2002) en unos 800 millones de US$ (en 1996 era de 446 millones de US$ y en 1998 de 575 millones de US$), siendo los que en última instancia fijan las tendencias comerciales. La tasa anual de crecimiento de este sector en los principales mercados fue desde 1996 a 1999 del 13,5% (Molaro, 2000; Molaro y Sanabria, 2000).

Aceites esenciales como semioquímicos

Desde hace varias décadas se están sondeando las relaciones existentes entre los seres vivos dentro de un mismo biota. Todo buen observador habrá notado que existen muchas influencias entre distintas plantas conviviendo en un mismo lugar, así también como entre distintos animales, e incluso entre plantas y animales. Ahora se sabe que muchas de estas influencias se deben a la presencia o a la emisión por parte de alguna de las partes de compuestos que forman parte de su metabolismo. La estructura de estos *mensajeros químicos* es muy variable, pudiendo ser alcaloides, enzimas, terpenos, saponinas, etc. Entre estos compuestos muchas veces aparecen productos volátiles que constituyen los aceites esenciales en las plantas. Para clarificar un poco el tema, daremos algunas definiciones elementales, que permiten organizar un poco su análisis.

Se llaman **semioquímicos** a las sustancias emitidas para intrarelacionar (es decir, actuar dentro de una misma especie) o interrelacionar (entre distintas especies) organismos vivos. En el primer caso los semioquímicos se llaman **feromonas**, y en el segundo **aleloquímicos**. En el caso de las feromonas, pueden producir un efecto en el mismo individuo emisor (normalmente modificaciones fisiológicas) o modificar el desarrollo del individuo receptor, en este caso de la misma especie. Mientras que los aleloquímicos, son producidos para favorecer al emisor (y en este caso de llaman **alomonas**) o para actuar sobre otro individuo de otra especie (y entonces se llama **kairomona**). Pueden ocurrir casos más complejos, como que una sustancia puede actuar como alomona para una determinada especie, y como kairomona para otra; o que una feromona actúe como aleloquímico para otra especie. Como se ve es un mecanismo de relación con mensajes químicos muy complejos, y se transforma en una trama más compleja aún cuando se pretenden analizar las relaciones entre varias especies que cohabitan una misma área.

Lo importante para destacar ahora es que, desde el punto de vista industrial, se han logrado grandes avances en el conocimiento de las feromonas y de los aleloquímicos en general, tanto para el manejo agrícola de cultivos, como en veterinaria, y también en el desarrollo de productos insecticidas o plaguicidas en general. Y esto ha generado nuevos mercados, aunque aún incipientes, para varias plantas aromáticas y esencias naturales que han demostrado una actividad semioquímica. Por ejemplo el eucaliptol, un terpeno ampliamente difundido entre las plantas aromáticas, está considerado como un importante aleloquímico, actuando como fitotóxico, aunque presenta el problema de una muy alta toxicidad (Inderjit y col. (1995). Pero esto no fue motivo para que no se siguiera analizando este terpeno, y así se llegaron a semisintetizar benciloxi derivados como la cimmetilina, herbicida actualmente en uso. Otro terpeno, el canfeno, también profusamente distribuido en numerosas esencias naturales, fue usado durante años como esqueleto fundamental para la semisíntesis del insecticida toxaphene, el que en la actualidad se está dejando de usar por su alta toxicidad. Se han publicado algunas muy interesantes revisiones sobre semioquímicos (Francke,1991; Vyvyan, 2002).

A pesar de estos antecedentes, hay autores que piensan que no debe esperarse encontrar principios insecticidas de gran potencia entre los metabolitos de las plantas, pues a éstas les basta con *rodearse* de un medio controlado por sus emisores químicos para ejercer un control de su hábitat. Sin embargo no sólo algunos componentes de las esencias naturales, sino también alcaloides, cumarinas y lactonas aisladas del reino vegetal han aportado grandes logros en el control de

insectos y plagas. Recordemos las piretrinas, la azadirachtina, la rotenona y los tiofenos. Tal vez haga falta un más profundo conocimiento de estas relaciones entre los seres vivos, para lograr dominar su potencialidad como protectores o controladores de plagas, malezas e insectos en los cultivos. Hay dos factores que hacen suponer un futuro promisorio para la expansión de esta aplicación de los aceites esenciales. El primero es la alta especificidad de los productos naturales para poseer cierta actividad sobre un organismo vivo, y el segundo es la supuesta baja toxicidad para el hombre, animales y plantas que presentan muchas esencias en las dosis de uso normales. El dominio de su potencial como aleloquímico dependerá del reconocimiento y aprovechamiento que se haga de toda esa microquímica que gobierna las relaciones entre los seres vivos, y que recién en los últimos 30 años se ha comenzado a conocer.

Uno de los mecanismos más estudiados en estas relaciones, es la actividad *antinutriente* (*antifeeding*) que tienen muchos productos naturales de origen vegetal sobre los insectos. Este término define a la propiedad de inhibir la alimentación pero no matar al insecto directamente, y por eso también se los han llamado *repelentes gustatorios* (van Beek y col. 1986). Varios productos derivados de aceites esenciales (cariofileno, óxido de cariofileno, alcanfor) han sido efectivos para este fin, y en algunos casos con muy alta especificidad, pues han podido actuar sobre numerosas especies predadoras de cultivos, sin atacar insectos útiles para la polinización.

Otra técnica muy útil para detectar principios activos aleloquímicos y que permitirían desarrollar nuevos herbicidas, es el análisis del poder inhibitorio de la germinación de semillas o de crecimiento de raíces. Se sabe que los vapores de varios terpenos presentes en las esencias naturales, como el geraniol, mentol, cinamatos, benzoatos y α-terpineol tienen estos efectos inhibitorios (Lydon y col., 1989). Deben usarse los vapores y no la inmersión en las esencias para que tenga efecto esta actividad.

No debe olvidarse la actividad antimicrobiana y antifúngica que poseen muchas esencias, lo que puede ser de gran utilidad para algunas técnicas agrícolas.

Cuando se citan las posibilidades de las esencias en el manejo agrícola de los cultivos debe tenerse en cuenta que éstas pueden actuar no solamente sobre las relaciones planta - insecto, y sobre las planta - planta, sino también sobre los insectos mismos.

Una gran variedad de esencias naturales son usadas como repelentes de insectos, tanto en productos de uso hogareño como industriales y agronómicos. La esencia más común para esta finalidad es la de citronela, pero también son repelentes de mosquitos y moscas caseras las esencias de eucalipto, albahaca y lemongrass. Otras esencias naturales con reconocida actividad repelente sobre ciertos insectos y plagas agrícolas son: *Nepeta cataria*, *Rosa* spp. *Santalum* spp., *Pelargonium* spp, *Annona* spp., *Cupresus*, *Cymbopogon*, *Foeniculum vulgare*, *Magnolia* sp., *Eucalyptus citriodora* y *E. camaldulensis*, etc. (Gulati y col., 1982; Kelm y col. 1997, Chantraine y col., 1998) o contra las larvas de mosquitos: *Tagetes minuta* (Arnason y col., 1989; Miyakado y col., 1997). Algunos de los compuestos activos en estas esencias son el citronelal, *trans*-anetol, eugenol, metil chavicol, limoneno, *trans* nerolidol y citral. Una aplicación interesante es la propuesta por Gupta (1987) quien aconsejó utilizar algunas esencias naturales como repelentes de abejas, a la hora de aplicar insecticidas en cultivos extensivos, para evitar que sean atacadas. Para esta finalidad serían activas esencias conteniendo linalol, p-cimeno y eugenol como principales componentes.

Otra posibilidad es usar las esencias (o plantas aromáticas) como repelentes de insectos o inhibidores del crecimiento de plagas en granos ensilados: esencia de clavo, el terpeno limoneno (componente principal de muchas de las esencias del género *Citrus*), el linalol y especies del género *Minthostachys* sp. (Arnason y col., 1989). Otras plantas, como la albahaca (*Ocimum basilicum*), tienen compuestos que modifican las fases de la metamorfosis de los insectos inhibiendo su estado de madurez.

Es común en muchas regiones del orbe la costumbre de cultivar plantas aromáticas entre

otros cultivos tradicionales, con el fin de protegerlos de malezas y otros depredadores o de atraer insectos benéficos para el cultivo principal. Tal es el caso de plantar tomate con ajo o perejil; o el girasol y el maíz con pepino, o consociar cultivos de salvia y mejorana para lograr un mejor rendimiento. También se ha observado que las esencias de salvia y *Artemisia* son tóxicas para algunas malezas gramíneas (*Avena* y *Bromus* por ejemplo; Müller, 1970). El uso de aromáticas de la familia de las Umbelíferas se ha planteado como un medio útil para atraer insectos beneficiosos. Aunque no se conozcan con certeza cuáles son los mecanismos de defensa que se ven involucrados en estas prácticas culturales, la evidencia de su efectividad está demostrada por la permanencia de dicha costumbre. Todas estas experiencias son fundamentales si se pretende manejar un cultivo orgánico. Algunas ejemplos citados en la bibliografía de estas técnicas son:

• Contra hormigas: menta spearmint, *Tanacetum*, poleo.
• Afidos: ajo, otros *Allium*, coriandro, anís, albahaca.
• Pulgas: lavanda, mentas, lemongrass.
• Moscas: Ruda, citronela, menta.
• Piojos: menta spearmint, albahaca, ruda.
• Polilla del repollo: mentas, hisopo, romero, eneldo.
• Coleópteros en cultivos de maíz (*Tribolium*, *Rhizopertha* y *Sitophilus*): esencias de *Tanacetum*, comino, ajenjo, y tomillo.
• Cucarachas voladoras: mentas, ajenjo.
• Cucarachas comunes: eucalipto, laurel.
• Nematodes: *Tagetes*, *Salvia*, *Calendula*, *Asparagus*.

Otras aromáticas, como el coriandro, comino, hinojo, salvia, etc., aparentemente atraerían a varios insectos benéficos pero no a áfidos. En algunos casos lo que se usa es un preparado elaborado con extractos de plantas aromáticas, como el ajo o la pimienta, para eliminar plagas. En otros casos, lo que se usa es una mezcla de esencias con insecticidas tradicionales, para atraer al insecto donde está el insecticida, y así eliminarlo rápidamente. Con esta técnica se ha usado el laurel, coriandro y tomillo para atraer a varios coleópteros de cultivos de maíz y eliminarlos más fácilmente (Brud y col., 1980). Mookherjee y col. (1993) han realizado un trabajo de revisión muy interesante sobre los componentes presentes en las esencias naturales que atraen a insectos.

Se ha observado que existen algunos sinergismos entre las esencias, es decir que el efecto de varias esencias mezcladas es superior al logrado con cada una de ellas por separado. Por ejemplo las esencias de albahaca y eucalipto matan el 100% de las larvas de mosquitos a una dosis dos a seis veces inferior que los aceites esenciales citados en forma individual (Brud y col., 1980).

Por último algunas aromáticas podrían mejorar o por lo menos modificar la calidad de los cultivos de algunas hortalizas y granos, o las condiciones del terreno, como por ejemplo la alcaravea, que se preconiza para alivianar suelos compactos, el eneldo que mejora el crecimiento de los repollos; el albahaca, el romero y la menta que mejoran el crecimiento del tomate; o el perejil que repele insectos dañinos de cultivos de rosa.

Estos son algunos ejemplos o algunos caminos que habrá que andar para detectar nuevas formas de consumo de plantas aromáticas y aceites esenciales. La industria de los plaguicidas ha desplegado desde hace unos 40 años un sinnúmero de potentes formulaciones, que si bien dieron resultados espectaculares para el desarrollo agrícola, también es verdad que sembraron innumerables problemas y a veces hasta catástrofes ecológicas. La industria de los agroquímicos espera mucho más de esa fuente casi inagotable que es la naturaleza. Y las plantas aromáticas, con sus terpenos y sus polifenoles, son una de las alternativas más promisorias.

Disolventes derivados de aceites esenciales

La urgente necesidad de proteger el ambiente está obligando a toda la industria a buscar nuevas alternativas de procesos y productos, que sean más adecuados para la conservación de la naturaleza. Una de las exigencias que más se está difundiendo en el mundo es la sustitución de muchos de los disolventes tradicionales, como los clorados o algunos derivados del petróleo como el benceno, por otros biodegradables y sin riesgos para la salud de los seres vivos. Las alternativas que se analicen deberían también no atacar a la capa de ozono, como ocurre con los solventes clorados. Y en este aspecto hay dos o tres esencias que juegan un papel preponderante y cada vez con más aceptación por parte del mercado: las esencias de trementina y eucalipto, y el limoneno.

La esencia de trementina, obtenida por distintos métodos a partir de la resina de los *Pinus* spp. es, además de un disolvente industrial *per se*, una materia prima ampliamente utilizada para la semisíntesis de otros disolventes, como el llamado *pine oil* o aceite de pino (que no tiene relación alguna con el aceite esencial natural de pino, más que la similitud del nombre), el dipenteno, el terpinoleno, el α y β-pineno, etc.

El limoneno, es el principal componente de las esencias cítricas, y su fuente de obtención es la esencia de naranja (contiene hasta un 93% de d-limoneno), por ser la esencia que se produce en mayores volúmenes en el mundo. Los principales productores de este terpeno son Brasil y Estados Unidos de N.

En los últimos años Australia desarrolló varios estudios para analizar la posibilidad de agregar las esencias de eucaliptos ricas en eucaliptol, a esta lista de disolventes biodegradables. Esta aplicación ya se hace efectiva en algunas actividades industriales, como en el procesamiento del aluminio o en la fabricación de circuitos electrónicos, (Soh y Stachowiak, 2002).

Las ventajas que poseen estos productos sobre los disolventes tradicionales son varias, pero la fundamental es su biodegradabilidad. Debe tenerse en cuenta que en forma natural se ha calculado que los bosques tropicales y subtropicales (con una superficie estimada en 78,4 millones de km^2), emiten unos 6 g/m^2/año de terpenos, es decir unas 480 x 10^6 tn/año! (Scott Gallaher (1993), y esta *nube terpénica* se descompone rápidamente por procesos biológicos normales. Pero también son mucho menos peligrosos para lo seres vivos por poseer una DL_{50} mucho menor, no atacan la capa de ozono, poseen una muy baja presión de vapor (se logra una muy baja pérdida por evaporación, y un mucho menor riesgo de intoxicación por inhalación), tienen efecto antiestático (muy útil en la industria electrónica) y poseen (fundamentalmente el limoneno, el eucaliptol y el *pine oil*) un notable efecto germicida, por lo que son cada vez más utilizados en productos de higiene y limpieza hogareña e institucional (Gustafson (1998). Entre sus posibles inconvenientes, se citan una muy baja solubilidad en agua o solventes polares, y una mayor variación en sus purezas o composiciones químicas, además de poseer por el momento un costo superior al de algunos disolventes derivados del petróleo. En un estudio de mercado de los llamados disolventes verdes, se ha estimado que la demanda por estos productos irá incrementándose a través de los años. Se espera que en el 2005 el 20% del mercado de disolventes esté dominado por los derivados naturales (otro disolvente altamente competitivo en este mercado es el derivado del aceite de soja), generando un mercado de aproximadamente unos 800 millones de US$ (Anónimo, 2001).

Capitulo XVI

Transformación química de monoterpenos mediante tamices moleculares

Introducción

Los monoterpenos, como se ha descrito en capítulos anteriores, ocupan un lugar importante como constituyentes de los aceites esenciales. Son biológicamente derivados de dos unidades de isopreno (C_5) y están distribuidos en una gran variedad de sistemas vivos; plantas, algas, animales marinos, insectos, microorganismos, etc., teniendo funciones específicas en el individuo productor. En la obtención de aceites esenciales se aprovecha la volatilidad de estos productos, pues al ser arrastrables por vapor de agua pueden obtenerse relativamente libres de otros compuestos liposolubles. La composición terpénica de un aceite esencial es generalmente compleja, aunque existen esencias conteniendo uno o pocos componentes mayoritarios, fácilmente purificables con relativa alta pureza. Se pueden mencionar, por ejemplo, α-pineno en la trementina y eucaliptol (1,8-cineol) en el aceite del eucalipto. Para esos casos se puede obtener un determinado compuesto de una fuente renovable y barata y, por lo tanto, disponible en cantidades industriales.

Recordemos que las esencias se usan en su gran mayoría por su olor y/o su sabor. Y los componentes responsables de estas propiedades organolépticas no siempre son los que están presentes en gran proporción. En la Tabla 1 se detallan cuáles son los principales componentes del aceite esencial de limón que le otorgan sus particularidades olfativas. También se describen los contenidos promedio en esencias de limón. Se observa cómo compuestos presentes en menos de 0,2% en esta esencia son fundamentales para definir su buen olor, siendo limoneno como el componente principal (más de 90 %). Por otro lado, un componente mayoritario fácilmente purificable, aunque no tenga un alto valor por sí mismo, puede ser importante como materia prima para convertirse en otro compuesto de un alto valor agregado.

Compuesto	% en la esencia	Significancia relativa en el olor de la esencia
geranial	2,00	164,0
neral	1,30	88,2
linalol	0,18	48,1
nonanal	0,12	10,7
citronelal	0,13	9,4
octanal	0,10	9,4
Acetato de nerilo	0,52	7,3

Tabla 1: Principales componentes de la esencia de limón en función de su calidad olfativa.

Lo que realmente importa es identificar cuál o cuáles de los constituyentes presentes son los responsables de la calidad organoléptica de una esencia. Si los constituyentes valiosos son los principales, bastará aislarlos por los procesos industriales clásicos, para lograr un producto concentrado o enriquecido en sus propiedades olfativas o saborizantes. Pero si los constituyentes valiosos son los que se encuentran en mínimas cantidades, componentes minoritarios, su aislamiento se hace poco rentable. ¿Para qué sirve entonces toda esa información minuciosa de detectar trazas de constituyentes? Muy difícilmente la industria podría aislar alguno de estos productos, presentes muchas veces en menos de partes por millón, con una rentabilidad aceptable. ¿Por qué entonces la industria se interesa y empecina en seguir buscando estas trazas? Aquí vemos la primera necesidad de la industria de sabores y fragancias de desarrollar la química fina. Una química orientada a sintetizar sustancias muy bien definidas, normalmente estereoquímica e isoméricamente puras, y que puedan obtenerse de materias primas y con mecanismos de síntesis tales que resulten competitivos a nivel del mercado internacional.

Los Aceites Esenciales en Química Fina

Todo ese arsenal de compuestos naturales también representa una fuente de inspiración para el químico orgánico. El reconocimiento de una estructura química como generadora de una propiedad organoléptica, es la guía para que otras estructuras similares sean explotadas, buscadas o modificadas para lograr un mismo efecto, o tener una ventaja comparativa. Si el producto natural olfativamente valioso está en muy pequeñas cantidades en la esencia, la identificación de su estructura permitiría al químico de síntesis producirlo por otras vías. Un ejemplo histórico en la perfumería ha sido el aislamiento a partir del absoluto de jazmín del jasmonato de metilo. Como este compuesto está en ínfimas cantidades en la naturaleza, se ha desarrollado la síntesis de un derivado: el dihidrojasmonato, con un olor semejante (se inició su comercialización con el nombre de Hedione®, patentado por la empresa Firmenich) para disponer de cantidades apropiadas para la industria de fragancias. Si bien el producto sintético era inicialmente una mezcla de dos isómeros, en la actualidad se pueden conseguir ambos isómeros separados. El descubrimiento del jasmonato en la naturaleza fue un adelanto importante desde el punto de vista académico. Pero la disponibilidad del derivado sintético obtenido por imitación del natural, resultó en una de las más significativas revoluciones en el mundo de la perfumería, con su consiguiente y espectacular éxito comercial.

Se puede así disponer de productos sintéticos idénticos a los naturales, y productos sintéticos reemplazantes de otros similares encontrados en la naturaleza. Con estos elementos, se pueden crear nuevas esencias, los llamados *aceites esenciales sintéticos*, que pueden ser idénticos a los naturales, o artificiales, como un aceite artificial de manzana. La expresión aceite esencial idéntico al natural, identifica a un aceite esencial sintético, que se llama así por los componentes de origen sintético que lo conforman, pero por las propiedades fisicoquímicas y organolépticas es prácticamente indiferenciable con el similar natural, para un lego, y a veces hasta para un experto analista. Esto último es un logro de la química fina y de la ultra minuciosa investigación de los compuestos aromáticos naturales. Entre las ramas clásicas de la química fina, siempre se ha citado el caso de las industrias consumidoras de aceites esenciales. La vía catalítica como solución para la síntesis de compuestos a partir de productos aislados de esencias, es uno de los recursos más empleados en la literatura existente.

La vía catalítica

La transformación química de monoterpenos y otros terpenos, ha sido objeto de gran in-

terés mediante diversos medios y métodos, debido a la susceptibilidad del rearreglo de estos compuestos y, por otro lado, con miras a la conversión de un terpeno en otro de mayor valor agregado. Usualmente, las reacciones químicas se llevan a cabo en solución homogénea (fase líquida). Ahora, desde el punto de vista industrial, las reacciones químicas con catalizadores sólidos (fase heterogénea) han despertado gran interés por varias ventajas que ofrecen (Hölderich y col. 1988, Perot y Guisnet 1990):

1.- poca o nula corrosión para el sistema de reacción,

2.- son menos problemáticas desde el punto de vista de la eliminación de los subproductos formados y de la contaminación ambiental,

3.- fácil separación del producto de reacción,

4.- adecuadas para el proceso continuo,

5.- selectivas para la obtención de un determinado producto con poca o nula formación de co-productos, entre otras.

Las reacciones orgánicas con catalizadores sólidos pueden llevarse a cabo sosteniendo el reactivo o el sustrato en un soporte inorgánico u orgánico. Como materiales de soporte orgánico se han utilizado polisacáridos (almidón, celulosa, acetato de celulosa, dextrano=Sephadex®), proteínas, poliamidas tales como Nylon® (polihexametilen diamina-adipato) y Perlon® (policaprolactama), otros polímeros sintéticos (copolímeros de poliestireno-divinilbenceno y otros), etc. Los soportes inorgánicos más conocidos son alúmina, carbón activado, tierras de infusorios (celita), silicato de magnesio (Florisil®), silicagel, silicagel modificada (con una cadena carbonada de C_8 y C_{18}), entre otros (Mckillop y Young, 1979).

La transformación química de terpenos con catalizadores sólidos, en forma similar a las reacciones en una solución acidulada, ocurre generalmente en sitios activos del sólido mediante la catálisis ácida (Banthorpe y Whittaker, 1966). Por ejemplo, la isomerización de α-pineno sobre alúmina procede por catálisis ácida y por dos vías paralelas, una orientada para monoterpenos bi- y tricíclicos: canfeno, β-pineno, tricicleno, bornileno y otra para monocíclicos: dipenteno, terpinolenos, α-terpineno, γ-terpineno, *p*-cimeno, *p*-menteno. La fuerza de acidez de la alúmina es un factor importante en cuanto a la proporción de bi- y tricíclicos vs monocíclicos que se puedan formar, favoreciendo la producción de monocíclicos a mayor acidez (Stanislaus y Yeddanapall, 1972).

Los tamices moleculares

En las últimas décadas ha llamado la atención el uso de tamices moleculares como catalizadores sólidos para las reacciones orgánicas. El término “tamices moleculares” fue introducido por McBain en 1932, para definir sólidos microporosos que exhibían la propiedad de separar sustancias químicas de acuerdo a su forma y tamaño. Los tamices moleculares poseen una estructura cristalina ordenada, que les confiere uniformidad a las dimensiones de sus poros. Por esta razón, son capaces de seleccionar (tamizar) las moléculas que, por su forma y tamaño, pueden tener acceso al interior de su sistema poroso. La composición química de los tamices moleculares permite definir, al menos, cuatro familias, a saber: zeolitas (silicoaluminatos cristalinos), arcillas con pilares intercalados (PILC), aluminofosfatos cristalinos ($AlPO_4$ y derivados) y carbones.

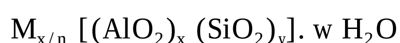
En la Tabla 2 se presentan algunos ejemplos de las familias principales de tamices moleculares. En esta tabla se incluyen el diámetro de poro, el número de átomos metálicos que conforman el anillo que define la entrada del poro y el año aproximado del reporte de la estructura en la literatura. Nótese que, en general, la evolución en la síntesis se ha movido desde estructuras de poros pequeños a aquéllas de poros grandes y supergrandes, explorando nuevas estructuras.

Obsérvese el esfuerzo investigativo para sintetizar estructuras de poros uniformes hechos a la medida de cada necesidad.

Estructura	Diámetro de Poro (Å)	Atomos en el Anillo	Año de Reporte
Zeolita K-A	3.0	8	1948
Zeolita Na-A	3.5	8	1948
Zeolita Ca-A	4.2	8	1948
Mordenita (Poro Pequeño)	3.5	12	1960
Mordenita (Poro Grande)	7	12	1966
ZSM-5	5.5	10	1972
Faujasita (X e Y)	2.7 y 8	12	1959-60
PILC	≅10 (micro + meso)	capas paralelas	1979
AlPO4-8	8	14	1990
VPI-5	12	18	1988
CLOVERITA	13	20	1991
Fulereno y derivados	-	poliátomos de carbón y nanotubos	1990-1992
MCM-41	16-100	canales tubulares	1992

Tabla 2: Ejemplo de algunas familias de tamices moleculares.

Las **zeolitas** (Machado y López, 1993; Giannetto, 1993), la familia más antigua y conocida de tamices moleculares, son derivadas de dos palabras griegas, *zeo*: que ebulle, y *lithos*: piedra. Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos constituidos por una red tridimensional de tetraedros de SiO_4 y AlO_4, donde los átomos Si y Al se unen entre sí a través de átomos de oxígeno. La composición química de las zeolitas se puede representar de acuerdo a la siguiente fórmula general:

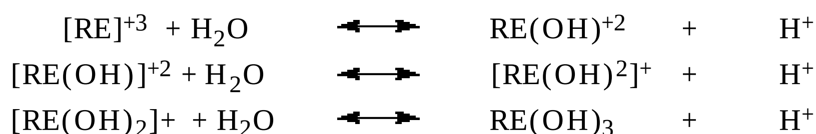


$$M_{x/n}\ [(AlO_2)_x\ (SiO_2)_y].\ w\ H_2O$$

La expresión entre corchetes representa la composición estructural (composición de la red cristalina), **M** representa un catión de valencia **n**, la suma (**x**+**y**) es el número total de sitios tetraédricos metálicos (**sitios T**). La relación **y/x** (relación **Si/Al**) ejerce una gran influencia sobre las propiedades fisicoquímicas, particularmente sobre las propiedades catalíticas de estos materiales. Por otro lado, se han preparado derivados que contienen otros metales tales como B, Fe, Ga, Ge, Ti, etc. y tienen una estructura tetrahédrica (en término general TO_4), similar a la de las zeolitas. El ordenamiento espacial tridimensional de los átomos genera espacios vacíos, es decir un volumen microporoso intracristalino constituido por canales y cavidades, a los cuales las moléculas penetran a través de aberturas o poros que varían de una zeolita a otra. Este espacio puede llegar a constituir, como en el caso de las zeolitas tipo faujasita, hasta un 50% del volumen total del cristal. En esos casos coexisten, en una misma estructura, cavidades de diferente forma y diámetro. Para las zeolitas tipo faujasita (X e Y), un sistema está constituido por cajas pequeñas de 160 $Å^3$ ($1Å=10^{-8}$cm) de volumen, denominadas cajas β o sodalíticas, a las que se tiene acceso a través de ventanas de 2,7 Å y un segundo sistema, conformado por cajas de 850 $Å^3$ de volumen, denominadas cajas α o supercajas, a las que se entra a través de aberturas de 8 Å (Tabla 2).

Una consecuencia interesante derivada de la composición química de las zeolitas, se relaciona con el campo electrostático creado en el interior de su sistema poroso, dependiendo de la relación Si/Al. Este campo eléctrico genera un efecto polarizante que permite la adsorción selectiva de substancias polares, tales como el agua. Este efecto es más pronunciado en estructuras con mayores contenidos de Al. Esta propiedad sirvió de base para la primera aplicación comercial de las zeolitas, en la primera parte de la década de los años cincuenta, cuando la Union Carbide lanzó al mercado la zeolita Linde A para procesos de deshidratación y secado. Por el contrario, un incremento en la relación Si/Al reduce la capacidad polarizante de las estructuras ricas en Al. Es decir, se incrementa la hidrofobicidad y la superficie cambia su selectividad adsortiva hacia sustancias menos polares. Esta propiedad puede ejercer una influencia marcada en la selectividad de ciertas reacciones que involucran reactantes o productos de polaridad diferente. Una de las debilidades de las estructuras ricas en aluminio es su poca resistencia al ataque ácido y a los tratamientos térmicos e hidrotérmicos. Esta particularidad limitó el uso de las primeras zeolitas sintetizadas (particularmente la zeolita A) a las aplicaciones ya citadas de adsorción e intercambio iónico.

A principios de la década de los años sesenta, los investigadores de la empresa Mobil, de manera accidental, pusieron en contacto una solución de tierras raras con la zeolita X, ya sintetizada por los investigadores de Union Carbide en los primeros años de la década de los cincuenta. La zeolita X intercambió parcialmente los iones sodio originales por iones trivalentes de tierras raras. El resultado fue un sólido con una mayor estabilidad térmica y una mayor acidez superficial que la zeolita original. En efecto, los iones trivalentes de tierras raras (RE) se hidrolizan dentro de la estructura zeolítica para producir protones (sitios ácidos) de acuerdo al esquema siguiente:



$$[RE]^{+3} + H_2O \rightleftarrows RE(OH)^{+2} + H^+$$
$$[RE(OH)]^{+2} + H_2O \rightleftarrows [RE(OH)^{2}]^{+} + H^+$$
$$[RE(OH)_2]^{+} + H_2O \rightleftarrows RE(OH)_3 + H^+$$

El limite superior de tamaño de poro de las zeolitas (aluminosilicatos) hasta ahora conocidas es de 8 Å aproximadamente (Zeolita Y), lo cual no pudo satisfacer las necesidades industriales de diferentes índoles, como por ejemplo, la necesidad de procesar cargas más pesadas, constituidas por moléculas de mayor tamaño que aquéllas encontradas en gasóleos convencionales. Esta realidad llevó a descubrir diferentes tipos de tamices moleculares a saber:

PILC (Pillared Interlayered Clays: Arcillas con Pilares Intercalados): Se trata de aprovechar la capacidad de intercambio catiónico de ciertas arcillas expandibles, intercalar entre las capas estructurales de las mismas, polímeros inorgánicos catiónicos de gran volumen. Es decir, los cationes alcalinos y alcalino-térreos originalmente presentes en la arcillas (Na^+ y Ca^{++}) son intercambiados por complejos polioxicatiónico (p.ej. polioxialuminio) de mayor tamaño, los cuales incrementan el espaciamiento basal de la arcilla hasta 18 Å. Debido a la poca estabilidad térmica e hidrotérmica, el uso de PILC para el craqueo de cargas pesadas no fue del todo exitoso. Sin embargo, los PILC han sido usados para las reacciones catalíticas que no implican condiciones de reacción y regeneración tan drásticas como para el proceso de craqueo de gasóleos. Así, estos materiales se han utilizado en el área de química fina, como por ejemplo, catalizadores de alquilación selectiva de tolueno con metanol.

Aluminofosfatos cristalinos y sus derivados: Estos sólidos poseen una estructura cristalina conformada por tetraedros de fósforo y aluminio por átomos de oxígeno, distribuidos tridimensionalmente en el espacio. Esta situación conduce a estructuras neutras. A pesar de ello, presentan buena actividad catalítica y alta selectividad para la obtención de productos a través de reac-

ciones que requieren de sitios ácidos muy débiles (Burgers y van Bekkum, 1993).

La incorporación de átomos con valencia diferente, tales como el Si^{+4}, puede generar un desbalance de carga que conlleve a una estructura con exceso de carga negativa como en las zeolitas, siempre y cuando el átomo de Si se incorpore en lugar de uno de P. Es decir, en este caso se generarían sectores de composición tipo silicoaluminofosfato, que requerirían la presencia de cationes compensatorios. De esta manera, se dotaría al sólido de capacidad de intercambio catiónico y, consecuentemente, de acidez Brönsted potencial. Los silicoaluminofosfatos, denominados **SAPO**, miembros derivados de la familia AlPO4, se reportaron por vez primera en 1984 (Horsley y col., 1992). Adicionalmente, es posible incorporar isomórficamente en las posiciones ocupadas por los átomos de Al en el AlPO original, cationes divalentes o trivalentes, tales como: Mg^{+2}, Mn^{+2}, Fe^{+2}, Fe^{+3}, Co^{+2} y Zn^{+2}, para generar nuevos sólidos denominados **MeAPO** (metal aluminofosfato). Los MeAPO se reportaron por primera vez en 1985 (Davis y col., 1988). En los años posteriores, se han preparado estructuras más complejas, mixtas, tales como los **MeAPSO** (metal silicoaluminofosfatos).

Un hecho verdaderamente interesante y revolucionario, fue la síntesis en 1988 de la estructura denominada VPI-5, bautizada de esta manera por haber sido realizada por investigadores del Virginia Polytechnique Institute (Merrouche y col., 1992). Esta estructura posee poros supergrandes, con aberturas de 12-13 Å conformadas por anillos de 18 miembros, desconocidas hasta aquel momento.

Más recientemente, investigadores europeos reportaron la síntesis de un fosfato cristalino, en el que todos los átomos de Al fueron sustituidos por átomos de galio. Este galofosfato, denominado **cloverita**, posee aberturas de poro conformadas por anillos de 20 miembros (Kresge y col., 1992).

También recientemente, los investigadores de la empresa Mobil han descrito la síntesis de un tamiz molecular denominado **MCM-41** con poros entre 20 y 500 Å de diámetro, de morfología y sistema cristalino hexagonal, preparado por la adición de tensioactivos de longitud de cadena variable y otros aditivos orgánicos voluminosos, a geles silicoaluminatos (Guth y Caullet, 1986).

A continuación se presentan, en forma resumida, algunos ejemplos de la transformación química de monoterpenos por tamices moleculares:

Ej 1: El α-pineno es uno de los más comunes y difundidos monoterpenos entre los aceites esenciales. Industrialmente puede obtenerse a partir de numerosas esencias, pero la principal fuente es la esencia de trementina, que contiene hasta un 60% de α-pineno. Por rearreglo de este producto por mordenitas y faujasita Y desalunimadas (D-MOR y DY) y aluminosilicato amorfo a 13% Al (AS), en fase líquida a 120ºC durante 1 h se obtuvieron los siguientes resultados (López y col., 1998):

Para DY (conversión de α-pineno a 98%) resultó una mezcla de monoterpenos mono- y bíciclicos, en la cual el producto principal fue canfeno (32%). Para D-MOR (97% de conversión): canfeno (32%) y limoneno (24%) como principales. Para AS (99% de conversión): canfeno (18%) y productos polimerizados (43%) como mayoritarios.

Ej 2: Rearreglo de α-pineno mediante fosfato de zirconio (ZrP), de estaño (SnP) y de titanio (TiP) en fase gaseosa a 300ºC. En términos generales, el porcentaje de conversión de α-pineno oscila entre 40-90%, dando dos productos principales: limoneno y α-pironeno a unos 30% cada uno. Se considera que el limoneno proviene de la vía carbocatión, mientras que el α-pironeno por la reacción térmica (vía biradical), aunque la pirolisis de α-pineno se lleva a cabo a alrededor de 400ºC sin catalizador (Cruz Costa y col., 1996).

Ej 3: Isomerización de α-pineno en fase líquida a 150ºC por zeolitas tipo faujasita X e Y desaluminadas (HXD y HYD), revisando la proporción de productos cada 0,33 min, hasta 4,00 min.

En el caso representativo (HYD) en 4 min., α-pineno (98,7% de conversión) transformó a: canfeno (50%), compuestos bicíclicos excepto canfeno (10%) y monocíclicos (38,7%). Los productos mayoritarios fueron canfeno, triciсleno, bornileno, dipenteno, terpinoleno, p-cimeno, α- y γ-terpinenos. Los autores discuten también el efecto de Al externo formado durante el proceso de desaluminación hidrotérmica de las zeolitas mencionadas sobre la isomerización de (-pineno (Severino y col., 1996).

Ej 4: Se trata de la conversión de canfeno en tricicleno, que es usado en la industria de fragancias, en fase gaseosa por aluminofosfatos (AlPO4) y sus derivados por Si, V, Co, Ni y Zn (SAPO, VAPO, CoAPO, NAPO y ZAPO). La máxima conversión se observó para SAPO-5: 85% de conversión de canfeno, obteniéndose tricicleno (48%) y bornileno (22%) a 400ºC por 1h, seguido por ZAPO-5 y CoAPO-5. Estos resultados se deben a la mayor acidez de esas zeolitas. Los demás catalizadores dieron bajo rendimiento (Elangovan y col., 1995).

Ej 5: Se discute la hidratación de α-pineno (91% e.e.) para producir α-terpineol (T, 81% e.e.) y borneol (B), en función de T/B, mediante H-mordenita y H-mordenitas pretratadas con sales cuaternarias de amonio. Para H-mordenita (durante 36h a 80ºC con 83% de conversión) se obtuvieron 29% de B, 5% de T (T/B= 0,17) y 29% de mezcla de productos monocíclicos. Por experimentos con H-mordenitas pretratadas con Et_4NCl (durante 48h a 80ºC con 60% de conversión), se obtuvo la mejor proporción de T/B= 47 (47% de T, 1% de B y 35% de mezcla monocíclica). Entre los co-solventes orgánicos utilizados (tolueno, butanol, n- e iso-propanol), los propanoles fueron los más apropiados. No se observó la esterificación con alcoholes (Yu y col., 1995). El uso de zeolita H-beta en la hidratación convirtió α-pineno en α-terpineol (48%) (van der Waal y col., 1996).

Ej. 6: Hidratación de α- y β-pineno, d-limoneno, canfeno y tricicleno, por diferentes tipos de zeolitas, sólo en presencia de agua a 90-100°C. A continuación se presentan los mejores resultados obtenidos (Nomura y col., 1992 a):

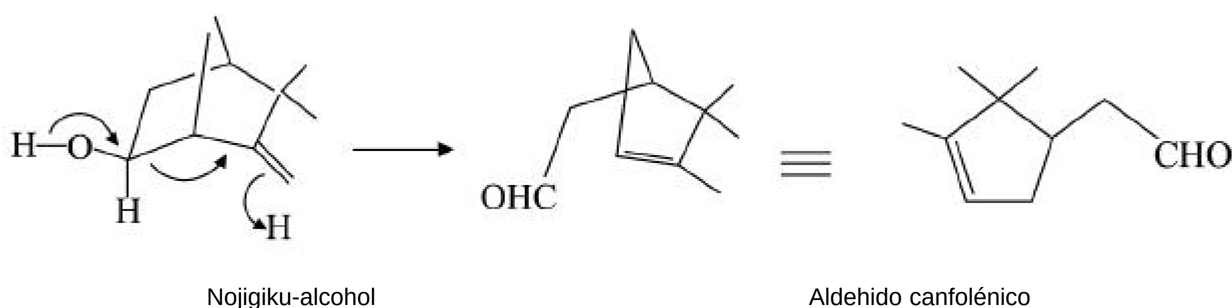
Compuesto de partida	Zeolita (H+)	Tiempo (horas)	Conversión (%)	Productos principales (%)
α-pineno	ferrierita	117	98	α-terpineol (69)
β-pineno	mordenita	69	94	*trans*-verbenol (71)
d-limoneno	ferrierita	76	45	*d*-carvona (76)
d-limoneno	zeolita X(Na^+)	81	64	*d*-carvona (53) / *trans*-carveol (21)
canfeno	zeolita HS-USY/$ZnCl_2$	112	98	borneol(54) / isoborneol (35)
canfeno	mordenita/$CuCl_2$	112	87	Isoborneol (80)
tricicleno	zeolita HS-USY/$Cu(OH)_2$	70	30	Isoborneol (76)
tricicleno	mordenita/$Cu(OH)_2$	82	35	Isoborneol (75)

Ej. 7: Hidratación de dihidromirceno (2,6-dimetil-2,7-octadieno) con : 1; 3,7-dimetil-1-octeno 2 y 5,7-dimetil-1,6-octadieno 3 por diferentes zeolitas en presencia de $Al(OH)_3$ para 1 y ácido dicloroacético para 2 y 3. Los resultados más relevantes se presentan a continuación (Nomura y col., 1992 b):

Sustrato	Zeolita (H+)	T (°C)	Tiempo (h)	Conversión (%)	Productos principales (%)
1	Zeolita A (K+)	80	168	51	2-metil-6-metilen-2-octeno 4 (77)
1	mordenita	80	120	46	Carvomentol (80)
1	mordenita	80	53	14	Dihidromirceno (80) / 4 (20)
2	zeolita HS-USY	60	89	100	Carvomentol (74) / tetrahidrolinalol 5 (19)
2	ferrierita	60	89	99	Carvomentol (77) / 5 (17)
3	zeolita Y	20	163	61	2,4-dimetil-7-octen-2-ol (98)
3	mordenita	20	94	38	2-4-dimetil-7-octen-2-ol (98)

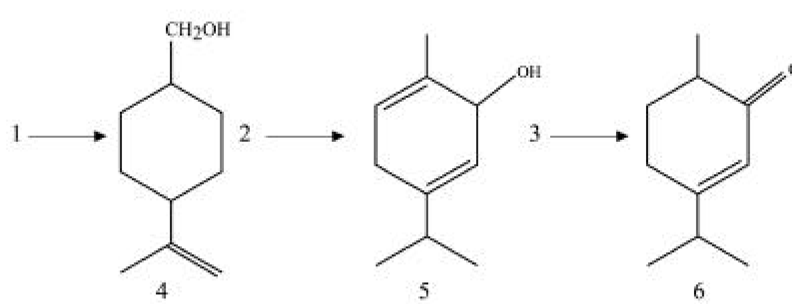
De similar manera, se estudió la hidratación de α-terpineno, isolimoneno, terpinoleno, 2-careno, 3-careno y sabineno. Terpinen-4-ol fue obtenido a partir de isolimoneno con 82% de selectividad por mordenita (Na^+). La hidratación de 3-careno por zeolita 13X (Na^+) en presencia de $Al(OH)_3$ y AcOH a pH 4, dio α-terpineol con alta selectividad (75%) (Nomura y col., 1992 c).

Ej. 8: Oxido de α-pineno, por pasar a través de un reactor de pirólisis rellenado de zeolita ZSM-5(Na^+) intercambiada por Zn^{+2} a 1,4%, a 100°C y 8 mm Hg con flujo de 15 ml/h, se convirtió en aldehido canfolénico (90%) con una buena conversión (90%) (Nomura y Fujihara, 1992 d). Como se indica abajo, el aldehido canfolénico también pudo prepararse a partir de nojigiku-alcohol, materia prima de aroma floral aislado de *Chrysanthemum ornatum* var. *spontaneum* y comercialmente asequible, por zeolita X y mordenita, con alta selectividad (90%). Los derivados canfolénicos son importantes como esqueletos para la semisíntesis de productos muy importantes en perfumería, con olor a sándalo y ámbar (Nomura y Fujihara, 1987).



Nojigiku-alcohol Aldehido canfolénico

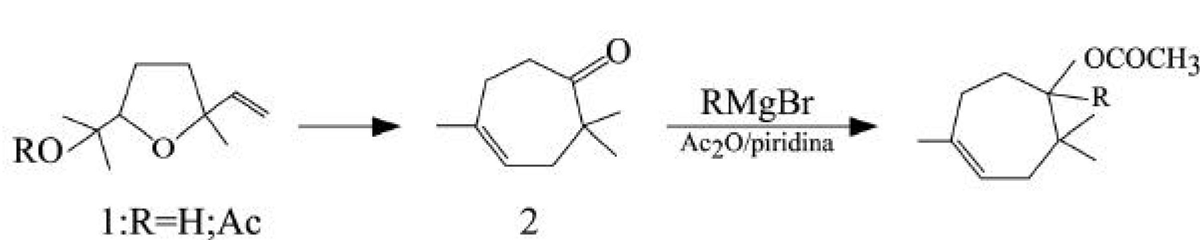
Por otra parte, el óxido de β-pineno se transformó al *cis*-mirtenal (80-84%) con 95% de conversión bajo la misma condición para el óxido de α-pineno, excepto la temperatura de reacción (180 - 300°C). Asimismo, se sometieron los óxidos de Δ^2-careno (1), Δ^3-careno (2) e isolimoneno (3) a las reacciones con diferentes tipos de zeolitas (A, Y, ZSM-5 y otras) en presencia de ácido fórmico a 20°C, obteniéndose 1,2-dihidroperillilalcohol (4), 2-metil-5-isopropil-2,5-ciclohexadien-1-ol (5) y carvenona (6), respectivamente, con alta selectividad (70-100%) (Nomura y col., 1993 a).



Ej. 9: La apertura del enlace éter de 1,8-cineol (eucaliptol) y 1,4-cineol fue estudiada por diferentes tipos de zeolitas en presencia del ácido tricloroacético o ácido fórmico. Se obtuvo α-terpineol (90-100%) a partir de 1,8-cineol (60% de conversión). Mientras que, a partir de 1,4-cineol (50-60% de conversión) β-terpineol (70-100%) es el producto principal con ácido tricloroacético, pero con ácido fórmico el 1-terpineol (80-90%) es predominante (Nomura y Fujihara, 1986).

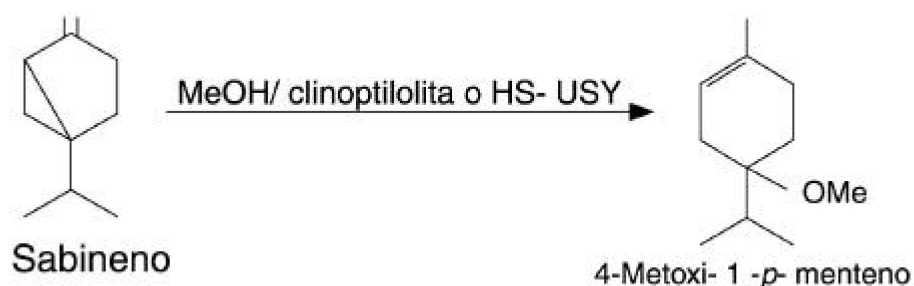
Ej. 10: Karahanaenona (2,2,5-trimetilciclohepto-4-enona, 2), tiene un olor aromático particular y es útil para la industria de fragancias. Este compuesto se sintetizó a partir del óxido de linalol (1, R=H) o su acetato (1, R=Ac) mediante zeolitas de tipo A en un reactor de pirólisis como el caso del Ej. 8 (200 - 300°C, 3-5 mm Hg, flujo de 12 ml/h mezclando 1 con tolueno a 1:1), con la selectividad máxima de 56% y 85% de conversión.

La enona así obtenida se sometió a la reacción de Grignard con RMgBr (R=Me, Et, Pr, iso-Pr, Bu) y luego, el alcohol correspondiente se acetiló. Por la evaluación olfativa algunos acetatos resultaron ser interesantes como fragancias florales y herbáceas (Nomura y col., 1992 e).

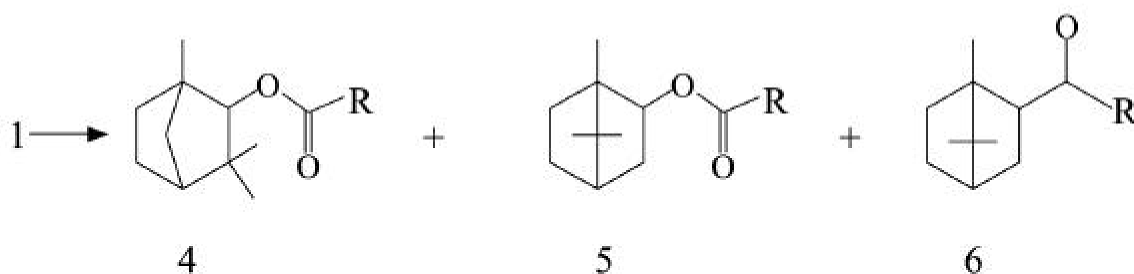


Ej. 11: La eterificación de α- y β-pinenos y *d*-limoneno se realizó con alcoholes de C_1 - C_4, por zeolitas: clinoptilolita, mordenita y ferrierita, a 65-115°C durante 26-118 hs.

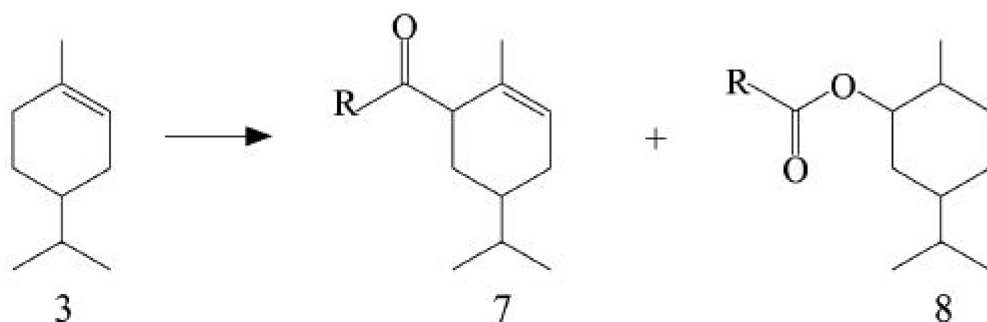
Con una buena conversión (80-100%) se obtuvieron los éteres correspondientes de α- terpenilo (47-86% de selectividad) como productos mayoritarios. α-terpenil metil éter dio olor a toronja y α-terpenil propil éter a grama fresca, pudiendo ser materiales útiles para la perfumería (Nomura y col., 1994 a). De similar manera, se llevaron a cabo las reacciones de adición de C_1 - C_4 alcoholes a sabineno, isolimoneno, γ-terpineno, humuleno, β-cariofileno y longicicleno en presencia de diferentes zeolitas. 4-metoxi-1-*p*-menteno, proveniente de sabineno y metanol, tiene olor frutal y puede ser utilizado como especie fragante (Nomura y col., 1993 b).



Ej. 12: Reacciones de α- y β- pineno y *d*-1-*p*-menteno con anhídridos acético o propiónico en presencia de zeolitas Y y mordenitas. A partir de α-pineno (1) se obtuvieron 3 productos: 4, 5 y 6, con una proporción aproximada de 3:5:2, sumando éstos a 90% de los productos de reacción, con la conversión de 80%. Mientras, β-pineno (2) sólo dio los productos de esterificación (4 y 5) y no el producto de acilación (6).

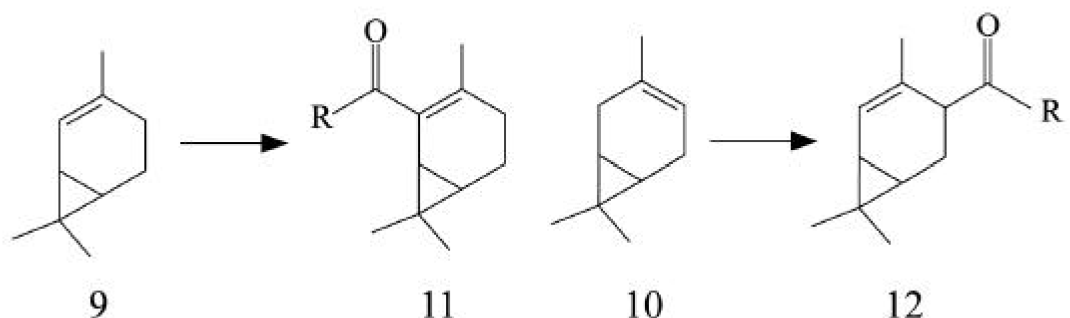


La reacción de *d*-1-*p*-menteno 3 dio los productos de acilación (7) y de esterificación (8) en proporción aproximada de 7:3.

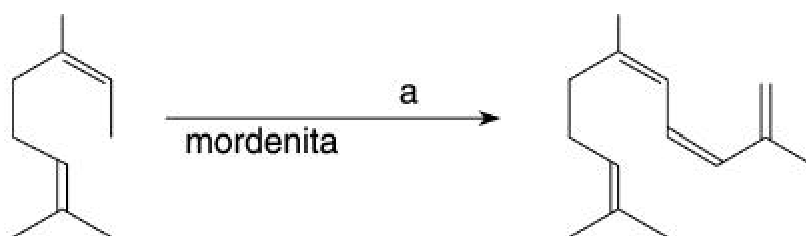


El compuesto 6 (R= Me) dio olor a jazmín y el compuesto 7 (R= Me) tiene olor floral (Nomura y col., 1997 a).

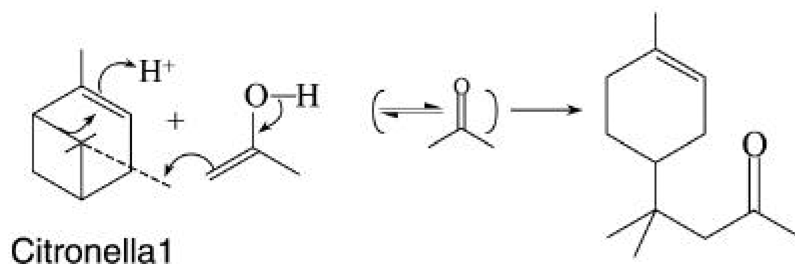
De similar manera, se realizaron las reacciones de Δ^2-careno 9 y Δ^3-careno 10 con anhídridos acético o propiónico con zeolitas Y, A, mordenitas y ferrieritas, obteniéndose los productos 11 y 12, respectivamente. Las reacciones ocurrieron sólo por zeolitas Y (USY), posiblemente debido al tamaño de poro de esas zeolitas. El rendimiento máximo para 11 fue 41% (R= Me, 60% de conversión) y 60% (R= Et, 87% de conversión). Para 12 el rendimiento fue del 42% (R= Me) y 55% (R= Et) con 63% y 99% de conversión respectivamente (Nomura y col., 1994 b).



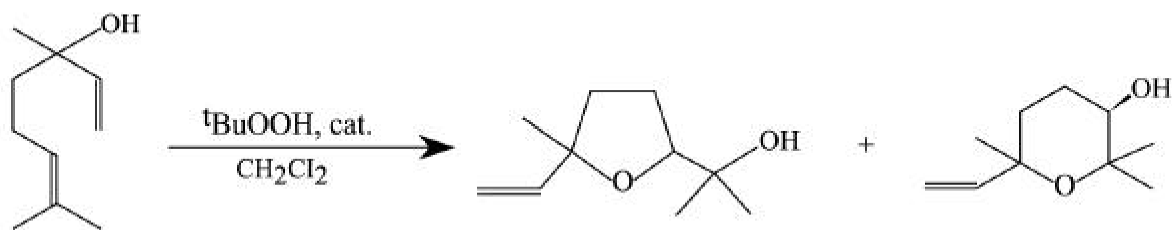
Ej. 13: Condensación aldólica de acetona con varios aldehidos monoterpénicos: α-citronelal, *cis*- y *trans*-citrales, *d*-perillaldehido, α-canfolenaldehido y *d*-mirtenal, en presencia de zeolitas Y, mordenitas y ZSM-5, obteniéndose los productos de condensación correspondientes en alta selectividad (73-92%) con 82-98% de conversión. Para esas reacciones se utilizó piridina o trietilamina como base. El producto de condensación entre *trans*-citral y acetona, abajo indicado, resultó ser excelente según evaluación olfativa, teniendo aroma frutal verde.



Se obtuvo, como un producto colateral, α-terpinilacetona que es el producto de condensación en el proceso de isomerización de α-pineno por zeolita H-beta en acetona (Nomura y col., 1997 b).



Ej. 14: El linalol se convirtió, por oxidación con Ti-aluminosilicatos bifuncionales, en hidroxifuranos, que tienen fuerte olor a rosa, e hidroxipiranos. Esa transformación puede considerarse como una reacción mímica a la enzima epoxidasa. Las reacciones químicas usadas para ese proceso, H_2O_2 - HCO_2H o ácido monoperftálico/CF_3CO_2H, son menos amigables (Corma y col., 1995).



Ej. 15: Por la oxidación alílica de monoterpenos olefínicos (menteno, limoneno, α- y β-pinenos, terpinoleno y 3-careno), se obtuvieron cetonas α,β-insaturadas esperadas con buena selectividad (52-77%) y con 85-96% de conversión. Las reacciones se llevaron a cabo en clorobenceno a 80ºC por CrAPO-5 en presencia de hidroperóxido de *ter*-butilo (^{t}BuOOH) (Lempers y Sheldon, 1996).

Para finalizar, podemos decir que la transformación química de monoterpenos por las zeolitas es una combinación apropiada, puesto que el tamaño molecular de monoterpenos y el tamaño de poros de algunas zeolitas son del mismo orden. Se puede obtener selectivamente un determinado producto a partir del monoterpeno, como se mostraron en los ejemplos citados. La isomerización del monoterpeno ocurre unimolecularmente sobre el sitio activo de la zeolita. Mientras, la hidratación y la condensación son reacciones bimoleculares, de modo que debe haber cercanía de dos moléculas en un medio heterogéneo. Por ejemplo, en los casos de las reacciones con agua o alcoholes, deben co-existir en contacto tres fases: catalizador (sólido), fase líquida no polar (monoterpeno) y fase líquida polar (agua/alcohol). En este sentido, las reacciones en fase heterogénea son más complejas, pero más selectivas, que las reacciones en fase homogénea. Por otra parte, la tendencia actual es utilizar tamices moleculares de poro grande, particularmente MCM-41, para expandir sus aplicaciones en la química fina.

Agradecimientos.

Los autores de este capítulo agradecen al Dr. Masato Nomura (Departamento de Química Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Kinki, Hiroshima, Japón) por enviar los artículos de su publicación.

Parte II
Ejemplos de especies aromáticas promisorias

La extraordinaria biodiversidad vegetal de la región latinoamericana y la reducida información técnica existente sobre su caracterización taxonómica o composición química, nos exime de cualquier intento por pretender publicar un compendio exhaustivo de la flora aromática de la región.

Más aún, muchos de los conceptos vertidos en los capítulos anteriores nos demuestran que resulta casi imposible predecir si una especie puede ser o no promisoria como planta aromática, hasta no conocer un poco más en profundidad su calidad, su variabilidad, sus condiciones de manejo agrícola e industrial, su estabilidad, inocuidad y características organolépticas, etc.

La elección de las especies citadas no ha sido totalmente arbitraria. Se ha tomado como factor discriminatorio el conocimiento popular de la especie como aromática, o el conocimiento específico y técnico que se dispone de sus componentes volátiles. Aún así, se podría editar un libro de varios tomos con toda la información existente, y por esto solamente se incluyen para cada uno de los países que se describen (Venezuela, Uruguay, Chile, Colombia y Argentina) unas pocas especies, tomadas como ejemplos de la potencialidad de la región.

Especies aromáticas promisorias en Venezuela

Introducción

Venezuela es un país tropical con diferentes condiciones agroclimáticas y geográficas en su territorio de 912.050 km^2. En las montañas andinas (sudoeste) ubicadas en los Estados de Táchira y Mérida, en los Llanos (centroccidental), en las Costas caribeñas y en las zonas amazónicas (nor y sudoeste) compartiendo fronteras con Colombia, Brasil y Guayana, crecen silvestres y abundantes gran variedad de plantas aromáticas y medicinales que tradicionalmente se utilizan para tratar enfermedades, o para uso en ambientadores, como ornamentales, condimentos, saborizantes, etc.

En la literatura publicada por botánicos de reconocido prestigio internacional (Pittier, 1978; Schnee, 1984; Baudi, 1987), sobre las plantas usuales de Venezuela, aparecen reseñadas 37 familias con 112 especies clasificadas como aromáticas, olorosas o fragantes. Según Vera, (1994) en Venezuela crecen silvestres unas 18 familias con 35 especies aromáticas (Tabla 1). Se distinguen las siguientes familias: *Burseraceae*, *Cactaceae*, *Capparidaceae*, *Cucurbitaceae Compositae*, *Dillenciaceae*, *Poaceae*, *Guttiferae*, *Labiatae*, *Lauraceae*, *Leguminosae*, *Loganiaceae*, *Myrtaceae*, *Orchidaceae*, *Rutaceae*, *Solanaceae*, *Verbenaceae* y *Zingiberaceae*.

FAMILIA	ESPECIES
Burseraceae	*Bursera simaruba, Protium heptaphyllum.*
Cactaceae	*Hylocereus venezuelensis*
Capparidaceae	*Capparis odoratissima*
Cucurbitaceae	*Cyclanthera pedata, Sicana odorifera*
Compositae	*Pluchea odorata, Tagetes pusilla, Porophyllum porophyllum, Pectis spp.*
Dillenciacae	*Curatella americana*
Gramineae	*Melinis minutiflora*
Guttiferae	*Mammea americana*
Labiatae	*Hyptis suaveolens, Ocimum micranthum, Satureja brownei, Minthostachys mollis*
Lauraceae	*Ocotea barcellensis*
Leguminosae	*Enterolobium cyclocarpum, Parkinsonia aculeata, Dipteryx odorata*
Loganiaceae	*Buddleia americana*
Myrtaceae	*Melaleuca leucadendron*
Orchidaceae	*Cattleya perciveliana, Odontoglossum spectatissimum*
Rutaceae	*Citrus aurantiifolia*
Solanaceae	*Brunfelsia americana, Cestrum diurnum.*
Verbenaceae	*Lippia micromera, Lippia origanoides, Aloysia triphylla.*
Zingiberaceae	*Costus comosus, Renealmia aromatica*

Tabla 1. Familias y algunas especies de plantas aromáticas abundantes en Venezuela (Vera,1994).

Muy pocas especies autóctonas o foráneas adaptadas han sido investigadas para establecer el manejo del cultivo o domesticación, rendimiento de las plantas y del aceite esencial extraído, logro de nuevos híbridos que con poca inversión sean más productivos y generen nuevas fragancias. Estos aspectos constituyen líneas de investigación a desarrollar por las Facultades de Agronomía y de los Laboratorios y Centros de Fitoquímica a los cuales compete no solamente determi-

nar la calidad y composición de los aceites esenciales, sino también proponer las estructuras de los constituyentes novedosos más abundantes y encuentren, conjuntamente con especialistas de otras disciplinas, la aplicación de los aceites esenciales extraídos y caracterizados, en los campos de la farmacología, cosmetología, perfumería, industria de los alimentos y bactericidas, entre otros.

Entre las pocas investigaciones que se han realizado en Venezuela es obligado mencionar los trabajos que se llevan a cabo en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET): González de Colmenares y col. 1994; Meza y col. 1997; Quintero y col. 1998 y Ramos y González de Colmenares, 1998. En la Universidad de los Andes (ULA) Rojas y Usubillaga, 1995 y en la Universidad del Zulia (Morales y col., 1996).

Para Venezuela, país petrolero, sería ventajoso darle utilidad a grandes extensiones de tierra desocupada, fomentar con relativa poca inversión, el cultivo de plantas aromáticas y establecer centros de acopio de los aceites esenciales extraídos artesanalmente por los productores.

Es importante destacar el creciente consumo mundial de aceites esenciales y perfumes, razón económica fundamental para hacer del cultivo de las plantas aromáticas, de la producción e investigación de sus aceites esenciales una industria atractiva y rentable que generaría nuevas fuentes de empleo y ahorraría cuantiosamente divisas al país (Anuario del Instituto de Comercio Exterior, 1997).

El potencial de plantas aromáticas en Venezuela, ejemplificado por las 18 familias y 112 especies que se describen, señala importantes líneas de investigación básica-aplicada en botánica, agronomía, fitoquímica y química analítica entre otros, que propendan al desarrollo y aplicación de las citadas especies y sus derivados.

Las especies aromáticas estudiadas en el país en laboratorios de investigación de diferentes universidades son: *Ocotea barcellensis*, *Minthostachys mollis*, *Melaleuca leucadendron* y *Citrus aurantiifolia*. Las restantes citadas en el trabajo, constituyen un reto y motivaciones para la indagación en el área.

Venezuela invierte anualmente cuantiosas sumas de divisas en la importación de esencias, extractos y similares, usados como materias primas o agregados en las industrias de alimentos, cosmetología, farmacología y otras. La demanda cada vez más acentuada de las plantas aromáticas y sus derivados, constituyen una buena justificación para diseñar y desarrollar programas para el cultivo y aprovechamiento social e industrial de estas plantas.

Bibliografía

• ANUARIO DEL INSTITUTO DE COMERCIO EXTERIOR DE VENEZUELA (1997) *Resumen Anual.* Ministerio de Fomento, República de Venezuela, pág. 33.

• Baudí, O. (1987) *Plantas medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica.* Ed. Americana. Caracas, Venezuela.

• González de Colmenares, N.; Ojeda de R., G.; Prieto y Crescente, O. (1997) Caracterización del aceite esencial de las hojas de *Melaleuca leucadendron* de Venezuela . *Anales de Saipa.* 15: 21-30

• Meza, M.; González de Colmenares, N. y Rojas, L. (1997). Estudio del aceite esencial de *Ocotea barsellensis* (por publicar)

• Morales, V.; Ojeda de R., G.; González de Colmenares, N. y Ferrer, B. (1998). Estudio del aceite de *Lima thaiti. Revista de Agronomía. Facultad de Agronomía.* Universidad del Zulia. Venezuela. Volumen 15.

• Pitter, H. (1971). *Manual de Plantas Usuales de Venezuela.* Editor Fundación Eugenio Mendoza. Caracas. Venezuela.

• Quintero, A.; González de Colmenares, N. y Rojas, L. (1998). Extracción y caracterización del aceite esencial de *Citrus aurantium* var. *amara*. (en prensa).
• Ramos, M.E. y González de Colmenares, N. (1998). Propiedad antimicótica del aceite esencial de *Melaleuca leucadendron* sobre micosis humana (en prensa).
• Rojas, B. y Usubillaga, A. (1995). Essential oil of *Minthostachys mollis* Grisebach from Venezuela. *J. Essential Oíl Res*. 7: 211-213
• Schnee, L. (1973). *Plantas Comunes de Venezuela.* Segunda Edición. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela.
• Vera, A. (1994). Inventario de las plantas medicinales del Tàchira (Venezuela), *Revista Científica de la Universidad Nacional Experimental del Táchira.* 8: 55-70

ALBAHACA DE MONTE

Nombre científico actualizado
Ocimum micranthum Willd. (*Labiatae*)

Hábitat
Ampliamente distribuida en América tropical (Schnee,1973). Es nativa y común en tierra templada.

Descripción de la planta
Hierba arbustiva de 30-60 cm de alto piloso. Hojas aovadas o elípticas, 3-5 cm de largo con ápice obtuso o agudo, en la base redondeado, hasta agudo con margen dentado. Flores en verticilios blancos o púrpuras. Cáliz de 4-5 mm pentadentado, corola con lóbulos desiguales. Estambres tetraclinamos (Schnee,1973). Miembros de la Sociedad Naturista del Táchira la sugiere como planta aromática.

Usos populares
En medicina popular (Schnee,1973), para infecciones catarrales y bronquiales, también como calmante estomáquica, diurética, carminativa. El zumo de las hojas en forma de tapones para dolores de los oídos y supuración e inflamación. El fruto sirve para curar la nube de los ojos. (García, 1992). Tradicionalmente en el Táchira, Venezuela, se emplea para baños aromáticos.

Parte usada
Toda la planta

Esencia
Los constituyentes más importantes del aceite de la especie son el estragol, eugenol, cinamato de metilo, timol, alcanfor, geraniol y linalol (Gupta,1996)

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre

Bibliografía
• García, B. H. (1992). *Flora Medicinal de Colombia*. Tomo III. Editorial Tercer Mundo. Editores Santafé de Bogotá. Colombia. Páginas 25-26.
• Gupta, S.C. (1996). Phenological observation on yield characters and chemical composition of essential oil in *Ocimum* species. *Indian perfumer*. 40 (1): 17-22
• Schnee, L. (1973). *Planta Comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay Venezuela. Página 468.

ANAMU

Nombre científico actualizado
Porophyllum porophyllum (L) Kuntze (*Compositae*) (Aristeguieta 1964)

Sinoninia botánica
Porophyllum ellipticum Cass
Porophyllum ruderale Cass

Otros nombres comunes
Namú

Hábitat
Ampliamente distribuida en tierra caliente y templada (Schnee, 1973).

Descripción de la planta
Hierba anual erecta, ramificada, ramas redondeadas, estriadas obtusas hasta agudas en el ápice, usualmente agudas hacia la base, glabras por ambas caras, con pocas glándulas grandes dispuestas a lo largo del margen del limbo. Cabezuelas 2-2,5 cm de largo, solitarias en el extremo de las ramas pedunculadas con numerosas flores. Involucro uniseriado 2 a 2,5 cm de largo. Receptáculo ligeramente convexo pequeño y desnudo. Cabezuelas homógamas, discoideas con todas la flores hermafroditas y fértiles. Aquenios lineales negruzcos angostándose ligeramente en los extremos. (Aristeguieta, 1964).

Usos populares
Medicina popular, contra mordeduras de culebras y en el Táchira (Venezuela) para aliviar la erisipela y dolores de hueso (Pittier,1971).

Parte usada
Raíces.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• Aristeguieta, L. (1964). *Flora de Venezuela* Compositae, Vol. X Parte Segunda. Edición Especial del Instituto Botánico M.A.C. Caracas, Venezuela. Página 517.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía.. Universidad Central de Venezuela, 2da Edición. Maracay, Venezuela. Página 36
• Pittier, H. (1971). *Manual de Plantas usuales de Venezuela*. Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas. Venezuela. Página 213

ANIS CIMARRON

Nombre científico actualizado
Tagetes pusilla H.B.K. (*Compositae*) (Aristeguieta, 1964).

Otros nombres comunes
Anís, Anisillo.

Hábitat
En zonas altas del sur hasta Bolivia. Cordillera costanera en los Andes, desde 1.500 a 2.000 m.s.n.m.

Descripción de la planta
Planta anual, ramificada, más o menos postrada, ramas angulosas glabrescentes. Hojas opuestas, pinadas o bipinadas glabras. Cabezuelas de 8-10 mm, con numerosas flores amarillas: las del radio liguladas y son femeninas y las del disco son hermafroditas y tubulosas. Fruto aquenio. Papus de 6-8 aristas escamosas (Schnee, 1973; Aristeguieta, 1964). García (1992) informa que esta especie contiene aceites esenciales.

Usos populares
Tónico diaforético, emenagogo y antihelmíntico (García, 1992).

Partes usadas
Hojas y flores.

Bibliografía
• Aristeguieta, L. (1964). *Flora de Venezuela.*. Volumen X, Parte II. Edición Especial del Instituto de Botánica. Caracas, Venezuela, página 716.
• García, B. H. (1992). *Flora Medicinal de Colombia*. Tomo III. Editorial Tercer Mundo. Editores Santafé de Bogotá, Colombia. Página 425.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición, Maracay, Venezuela. Página 40.

CAJUBA

Nombre científico actualizado
Sicania odorifera (Vell) Naud (*Cucurbitaceae*) (Schnee, 1973).

Otros nombres comunes
Cajua.

Hábitat
Es cultivada en zonas cálidas. Originaria de Brasil.

Descripción de la Planta
Hierba arbustiva, rastrera o trepadora con tallos angulados y las zarcillos ramificados. Hojas orbiculares hasta reniformes, 15-35 cm de diámetro, fuertemente lobulados con la base cordiforme y margen angulado o sinuado-dentado. Flores amarillentas, solitarias; las masculinas de unos 2 cm de largo, las femeninas más o menos de 5 cm de largo. Anteras libres, pero conniventas. Estigmas 3, cada uno biovulados. Fruto largo oblongo 20-50 cm de largo casi cilíndrico de color púrpura hasta anaranjado, a veces con aroma muy fuerte. Semillas unos 13 mm de largo, blancuzcas con margen marrón. (Schneer, 1993).

Usos populares
Es cultivada como ornamental y como alimento.

Partes usadas
Toda la planta para ornamento y el fruto comestible.

Trabajos de domesticación o cultivo
Se cultiva en jardines.

Bibliografía
• Schnee, L. (1973) *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 131.

CAPA DE INDIA

Nombre científico actualizado
Melaleuca leucadendron (L.) L. (*Myrtaceae*).

Sinonimia botánica
Melaleuca quinquinervia (Cav.) S.T. Blake.

Otros nombres comunes
Arbol del corcho.

Hábitat
Adaptada a las condiciones climatológicas del suroeste de Venezuela, en Rubio, del Estado Táchira.

Descripción de la planta
Son árboles que alcanzan de 22-30 metros de alto y de 2,8-5,6 m de diámetro. El tronco está cubierto de una corteza gruesa esponjosa similar al corcho. Crece en suelos salinos. Sus flores blanquecinas tienen 5 pétalos, con numerosos estambres y el rudimento del fruto situado debajo de la flor. Las hojas nacen dos a dos, una frente a otra y contiene numerosos y diminutos depósitos de esencia muy aromática lo mismo que los frutos (Schory, 1958). Las flores son visitadas por las abejas. (Vera y Aldana, 1983).

Puntaje según protocolo I del Proyecto CYTED
28.

Usos populares
La esencia tiene propiedades antibióticas, astringentes, expectorantes, eupépticas, hemostáticas, digestivas y ligeramente sedantes. Aplicada externamente tiene propiedades rubefacientes (Lawless, 1992).

Parte usada
Hojas y la esencia extraída de ellas.

Esencia
La extracción de las hojas se realizó en planta piloto mediante arrastre con vapor. El rendimiento del aceite fue entre 2-3 % en base a material fresco. Por cromatografía de gases espectrometría de masas se identificaron 1,8-cineol (38%), nerolidol (29%), alloaromadendreno (14%) y (-terpineol (13%) como constituyentes más abundantes (González de C., 1994). Trabajos previos realizados en Vietnam (Torodova y Ognyanov, 1988; Motl y col., 1990) reportaron una composición similar.

Trabajos sobre domesticación o cultivo

El Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela ha propagado la especie para reforestar y como barrera de vientos.

Observaciones

El aceite resultó biológicamente activo contra *Staphylococus aereus* y *Bacillus cereus* (González de C., 1994). Se logran progresos en la demostración de su acción fungicida en las micosis de las uñas (Ramos y González de C., 1.998).

Bibliografía

• González de C., N. Ojeda de R., G. Prieto, A. y Crescente, O. (1997). *Anales de SAIPA* 15: 21-30
• Lawless, J. (1992). *The Encyclopaedia of Essential Oils*. Edit Element, Inc. USA. Página 65.
• Motl, O. Hodacovà, J. y Libik, K. (1990). Composition of Vietnamese Cajeput essential oil. *Flav. Frag*. J. 5:39-42.
• Ramos, M. y González de C., N. (1998). Propiedad antimicótica del aceite esencial de *Melaleuca leucadendron* sobre micosis humanas. (En prensa).
• Schory, E. A. (1958). The Cajeput tree *Melaleuca leucadendron*. *Flor. Carib. Forest*. 19:50-55.
• Torodova, M. y Ognyanov, I. (1988). Composition of Vietnamese essential oil from *Melaleuca leucadendron* L. *Perfum &. Flavor*. 13:17-18.
• Vera, A. y Aldana, J. (1983). *Contribución al conocimiento de la flora nectarífera-polinifera del Táchira*. VII Congreso Venezolano de Botánica. Guanare. Venezuela.

CAÑA DE LA INDIA

Nombre científico actualizado
Costus comosus Rosc. (*Zingiberaceae*) (Schnee, 1973).

Otros nombres comunes
Caña de guinea.

Hábitat
Cordillera costera de Venezuela en selvas húmedas.

Descripción de la planta
Hierba con tallos de 1-2 m de alto. Hojas agrupadas en espiral, casi sésiles aovado-oblongas, 20-25 cm de largo, 7-9 cm de ancho, ápice acuminado y ligeramente ondulado y terminado en una vaina amplexicaule y pilosa. Inflorescencia terminal en forma de cono. Brácteas rojizas. Pétalos amarillos casi tan largos como el labelo, éste amarillo, angosto, elíptico, con ápice pentadentado. (Schnee,1973).

Usos populares
Antidiabética (García, 1992), antisifilítica (Pittier,1971).

Partes usadas
Rizoma y tallos.

Trabajos de domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• García, B. H. (1992). *Flora medicinal de Colombia.* Editorial Tercer Mundo Editores Bogotá, Colombia. Tomo I. Página 211.
• Pittier, H. (1971). *Planta usuales de Venezuela.* Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 144.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela.* Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 144.

CAPIN MELAO

Nombre científico actualizado
Melinis minutiflora Beauv (*Poaceae*) (Luces, 1963).

Otros nombres comunes
Paja gordura, yaraguá, sebo de flandas (Luces, 1963).

Hábitat
En Venezuela, en suelos con fuertes pendientes; no tolera acidez, sequía, ni temperaturas extremas. Altitud 1.200 a 2.000 m.s.n.m. (Crowder, 1960).

Descripción de la planta
Planta de 1 m o más de altura, viscosa pubescente, culmos delgados, cilíndricos, velludos hacia los nudos. Panícula de color púrpura, densa con espiguillas numerosas de 2 mm. Es una forrajera rústica y de rápido desarrollo, resistente al pisoteo (Luces, 1963). Introducida desde Brasil. Posee aroma que recuerda la miel de abejas (Vera, 1993).

Usos populares
Como forrajera para pastoreo y lucha contra la erosión (Crowder, 1960). En medicina popular como antidisentérica, diurética y contra infecciones intestinales (Vera, 1994).

Partes usadas
Toda la planta.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Es cultivada para forraje y se siembra por semilla (Crowder, 1960); además es una maleza invasora después de la quema.

Bibliografía
• Crowder, L. (1960). *Gramíneas y Leguminosas Forrajeras de Colombia.* MAC, Colaboración del Instituto de Investigaciones Especiales. Bogotá, Colombia. Página 41.
• Luces, Z. (1963). *Las Gramíneas del Distrito Federal*. Editorial Instituto de Botánica MAC. Caracas, Venezuela. Página 89.
• Vera, A. (1993). *Contribución al conocimiento de plantas medicinales del Estado Táchira*. Ponencia presentada en el I Festival de Planta Medicinales. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, Venezuela. Pág 11.
• Vera, A. (1994). *Inventario de las Plantas Medicinales del Táchira.* Revista Científica. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Volumen 8. San Cristóbal, Venezuela. Página 62.

CARO

Nombre científico
Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb. (*Leguminosae*).

Otros nombres comunes
Caro-caro, cari-cari, huevo de pescado.

Hábitat
Distribuido ampliamente en tierra caliente (Schnee 1973).

Descripción en planta
Arbol de 10-30 m de alto, casi glabro y sin espinas. Hojas bipinadas, pinas de 4-9 pares, 4-10 cm de largo. Flores sésiles blancas o verdes-amarillentas, agrupadas en pequeñas cabezuelas. Legumbre corvada formando un circulo helicoidal completo de más o menos 10 cm de diámetro (Schnee, 1973).

Usos populares
Melífera (Vera y Aldana 1983).

Parte usada
Frutas y flores.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía

• Schnee, L., (1973). *Plantas Comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición Maracay, Venezuela. Página 166.
• Vera, A. y Aldana J. (1983) *Contribución al conocimiento de la Flora nectarifera-polinifera del Táchira*. VII Congreso Venezolano de Botánica. Guanare - Venezuela.

CASCARILLO

Nombre científico actualizado
Ocotea barcellensis Mez (*Lauraceae*).

Sinonimia botánica
Ocotea cymbarum H.B.K.
Ocotea amara Mart. Buchn. Repert.
Nectandra cymbarum Nees, Syst.
Nectandra barcellensis Meissn. DC Prodr.
Nectandra elaiophora Barb. Rodr. Vellosia
Licaria cymbarum (H.B.K.) Pittier

Otros nombres comunes
Sasafrás.

Hábitat
En Venezuela se encuentra en los Estados Barinas, Mérida, Táchira y Zulia, así como también adyacente al Río Negro al Suroeste del país.

Descripción de la planta
Es un árbol forestal de 15-30 metros de altura. Las hojas tienen peciolos hasta de 2 cm, caniculados; el ápice es de 10-16 cm de largo. Inflorescencia pauciflora, en forma de panículas estrechas, flores blancas hermafroditas de 5-6 mm. Frutos globosos aplastados de 9 mm con diámetro de 11 mm (Bernardi, 1970).

Puntaje según protocolo I del Proyecto CYTED
30 puntos.

Usos populares
Antirreumático, rubefaciente, insecticida.

Parte usada
Aceite esencial de la madera.

Esencia
Meza y col. (1998) extrajeron el aceite esencial por horadación de árboles adultos ubicados en el pie de monte de San Joaquín de Navay, Táchira, con un rendimiento de 250 ml durante un goteo de 12 horas. Los valores de densidad (0,8532 g.ml-1) e índice de refracción (1,4768) indican que el aceite está principalmente constituido por hidrocarburos aromáticos, y es marcadamente dextrógiro (+29,6). Por cromatografía de gases y espectrometría de masas se determinó su composición: p-cimeno (92,3%), limoneno (4,5%), (-pineno (2,3%), 4-tujanol (0,5%) y trazas de acetato de (-terpinilo. Estos resultados discrepan de los obtenidos por Díaz y col. (1980, en Lawrence, 1988) quienes reportaron como principal constituyente (-felandreno, acompañado de p-cimeno, (-pineno trazas de (-pineno y eugenol. Kiener (1964) mediante análisis cromatográfico del aceite encontró (-pineno (97%) y dos impurezas que no identificó. Los ensayos realizados con el aceite sobre termitas demuestran sus propiedades insecticidas sobre termitas de la madera (Meza y González de C., 1998).

Trabajos sobre domesticación o cultivo

En el Estado Táchira, Venezuela existen pequeños sembradíos en fincas particulares.

Observaciones

El aceite podría recomendarse como insecticida protector de maderas y derivados contra la invasión de termitas.

Bibliografía

• Bernardi, L. (1970). *Lauráceas*. Edit. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, Páginas 110-111.
• Lawrence, B. (1988). Essential Oils Review 1981-1987. Ed. Allured, Páginas 154-156.
• Meza, M., González de C., N. y Rojas, L. (1998). Estudio del Aceite Esencial de *Ocotea barcellensis*. Revista Científica de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. (En prensa).
• Kiener, P. (1964). La Trementina de Cascarillo. *Revista Forestal de Venezuela*. Edit. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela (10-11): 65-75.

CEDRON*

* ver la misma monografía para Argentina.

Nombre científico actualizado

Aloysia triphylla (L'Her.) Britton (*Verbenaceae*)

Sinonimia botánica

Verbena triphylla Lam.
Lippia citriodora (Lam.) H. B.K.
Lippia triphylla (L'Her.) Kuntze.
Aloysia citriodora Ort. et Palau

Otros nombres comunes

Lemon verbena, hierba luisa, verbena, luisa, cidrón.

Hábitat

Zona montañosa del Táchira y Mérida en Venezuela.

Descripción de la planta

Arbusto o arbolito hasta de 5 m de alto, corteza gris claro, fisurada; ramas y ramitas áspera-puberulentas y algo estriadas. Hojas en verticilios de 3-4, patentes o algo erguidas algo falcadas muy aromáticas. Inflorescencia en panículas terminales en las axilas de las hojas, consistentes en espigas solitarias o geminadas, con las flores dispuestas en verticilios. Cáliz tubuloso, corola infundibuliforme, blanca. Fruto pequeño de 15 mm, rodeado por el cáliz, compuesto por 2 mericarpos. Semillas marrones sin endospermo (López, 1977).

Puntaje según protocolo I de Proyecto CYTED

38.

Usos populares

Digestiva, carminativa, contra insomnios nerviosos, analgésica, antiespasmodica, suave broncadilatadora (Baudi, 1987), espectoral y estomacal, antirrábica (García, 1992).

Partes usadas

Hojas (Baudi, 1987).

Esencia

Las partes aéreas de origen argentino contienen 0,2 a 1% de aceite esencial. Carnat y col. (1999) encontraron en material comercial de origen chileno: geranial (23,5%), neral (17,6%), oxicariofileno (6,3%), cineol (isómero 1,8?: 5,7%), citronelol (5,3%).
Montes (1961) identificó como componentes mayoritarios al citral, verbenona (1 a 5%) metil heptenona, d-citronelol, geraniol, l-limoneno, y cariofileno.
El principal constituyente encontrado en el aceite esencial de las flores, determinado por CG-MS, es mircenona (37%) (Zygadlo y col, 1975).

Trabajos sobre domesticación o cultivo

Es planta cultivada en muchísimos jardines y comercialmente se cultiva en el norte de Africa y países del cono sur de Sudamérica.

Bibliografía

• Baudi, O. (1987). *Plantas Medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica*. Editorial América. Caracas. Página 158
• Carnat, A. y col. (1999). The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. *Fitoterapia* 70(1):44-49.
• García, B. H. (1992). *Flora Medicinal de Colombia*. Editorial Tercer Mundo. Editores Bogotá. Colombia. Tomo II. Página 496.
• López, P. (1977) Verbenaceae *Flora de Venezuela*. Editorial Universidad de los Andes. Publicaciones Facultad de Farmacia. Mérida, Verbenaceae. Páginas 182-184.
• Montes, A. (1961). *Analítica de los Productos Aromáticos*. Ed. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina.
• Zygadlo, J.A.; Lamarque, A.L. y Guzmán, C.A. (1995). Composition of the Flowers Oils of Some *Lippia* and *Aloysia* Species from Argentina. *J. Essent. Oil Res*. 7:593-595.

COMINO RUSTICO

Nombre científico actualizado (se denominan así a varias especies)
Pectis spp. (*Compositae*) (Airsteguieta, 1964)
Pectis elongata H.B.K.
Pectis caracasana (Airsteguieta)
Pectis postrata Cav.

Otros nombres comunes
Comino de monte, comino de piedra, comino de sabana, cascarito, cominillo tomillo.

Hábitat
En sabanas de tierra caliente y en el litoral (Schnee, 1973).

Descripción de la planta
Varias especies, casi todas aromáticas y abundantemente glandulosas. En el género se presentan hojas opuestas, punteado-glandulosas, angostas por lo general enteras y casi siempre acompañadas con pelos marginales, conspicuos en la base. Cabezuelas pequeñas o medianas, solitarias o corimbosas, heterógamas, radiadas por lo general de pocas flores; flores del radio femeninas, uniseriadas, las del disco hermafroditas, todas fértiles. Involucro cilíndrico, oblongo hasta acampanado o turbinado. Receptáculo pequeño desnudo. Corola de las flores femeninas liguladas amarillas hasta ligeramente púrpuras, enteras o tridentadas en el ápice. Corola de las flores hermafroditas tubulosas, regulares, amarillas. Anteras enteras y obtusas en la base. Ramas del estilo de las flores hermafroditas híspidas alargadas y sin apéndices. Aquenios lineales redondeados o algo angulosos. Papus variable. (Aristeguieta, 1964).

Usos populares
Medicinales, se usan para enfermedades del tubo digestivo y especiales de las mujeres (Pittier, 1971).

Partes usadas
Toda la planta.

Trabajos de domesticación o cultivo
Es silvestre, pero en algunos hogares rurales las cultivan (Pittier, 1971).

Bibliografía
• Aristeguieta, L. (1964). *Flora de Venezuela*, Compositae, Vol X, Parte Segunda, Edición especial del Instituto Botánico. M.A.C. Caracas, Venezuela. Página 721.
• Pittier. H. (1971). *Manual de las plantas usuales de Venezuela.* Ed. Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 131.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela.* Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Páginas 217-218.

CONOPIO

Nombre científico actualizado
Renealmia aromatica (Subl.) Griseb. (*Zingiberaceae*) (Pittier, 1971).

Sinominia botánica
Renealmia occidentalis (Sw.) Sweet .

Otros nombres comunes
Istu, munce, conocopio, bagala, platanillo, San Jacinto.

Hábitat
En Venezuela es frecuente en sitios sombríos de la tierra caliente y de la faja inferior de la tierra templada.

Descripción de la planta
Tallos estériles de 1-2 m de alto. Hojas sésiles o casi sésiles, lanceoladas u oblongas de 15 a 20 cm de largo y 15-12 cm de ancho, glabras de ápice acuminado y base aguda. Inflorescencia paniculada de 15 a 30 cm de largo saliendo de la base de la planta. Brácteas lanceoladas, agudas, glabras, generalmente rojas de 5 a 8 cm de largo. Pedicelos hasta de 1 cm de largo. Cáliz rojo 5-6 cm de largo. Corola amarilla, los lóbulos son elípticos y casi tan largos como el tubo. Ovario ligeramente piloso o glabro. Cápsula globosa roja, más o menos 1 cm de diámetro (Schneer, 1971). Esta planta es aromática, y sus frutos desprenden un olor nausebundo (Pittier, 1971).

Usos populares
Medicinal, resolutivo (Baudi, 1987).

Partes usadas
Fruto y semilla.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica.* Edición América , Caracas, Venezuela. Página 120.
• Pittier, H. (1971). *Manual de las Plantas usuales de Venezuela.* Ed. Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 189.
• Schneer, L. (1971). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay. Venezuela. Página 200.

CURATA

Nombre científico actualizado
Curatella americana L. (*Dillenaceae*).

Sinonimia botánica
Curatella cambaiba Saint Hillaire
Curatella grisebachiana Eichler in Martius

Otros nombres comunes
Parica, chaparro, chaparro de sabana, chaparro sabanero.

Hábitat
Sabanas tropicales.

Descripción de la planta
Arbol pequeño de unos 4 m de alto, ramas jóvenes pubescentes. Hojas elípticas de 10-15 cm de largo, margen denticulado u ondulado, ápice retuso. Flores blancas fragantes, en panículas laterales en las partes defoliadas de las ramas. Carpelos 2, con 2 semillas cada una (Schnee, 1973; Pittier, 1971).

Usos populares
Hojas y tallos para problemas de artritis; además disminuye la tensión arterial y la diabetes (García, 1992).

Partes usadas
Hojas y corteza del tallo (García, 1992).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Observaciones
Se aislaron triterpenos (β-amirina, lupeol y ácido betulínico), ácido gálico y el flavonol glicósido avicularina (PREVECAB ,1991).

Bibliografía
• García, B.H. (1992). *Flora Medicinal de Colombia*. Tomo II. Editorial Tercer Mundo. Editores Santafé de Bogotá, Colombia. Página 207.
• Pittier, H. (1971). *Manual de Plantas usuales de Venezuela*. Editor Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 224.
• PREVECAB. (1991). *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello*. Tomo VI, Ed. SECAB, Bogotá, Colombia. Página 468.
• Schnee L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Segunda Edición. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. Página 256

DAMA DE NOCHE

Nombre científico actualizado
Cestrum diurnum L. (*Solanaceae*).

Hábitat
Cultivada en jardines (Schnee,1973), es originaria de las Antillas (Pittier 1971).

Descripción de la planta
Arbusto de 2-3 m de alto. Hojas gruesas oblongas o elípticas de 6-10 cm de largo, obtusas o ligeramente agudas, glabras brillantes en la cara superior, pubérulas en los nervios del envés. Flores blancas, fragantes sésiles agrupadas en glomérulos cortos sobre pedúnculos largos axílares. Corola tubuliforme de 1-1,5 cm de largo, los lóbulos obtusos y cortos recurvados en plena antesis (Pittier, 1947).

Usos populares
Ornamental.

Partes usadas
Toda la planta.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
En Venezuela es cultivada en Caracas, Ciudad Bolívar y en Guayana.

Bibliografía
• Pittier, H. (1947). *Catálogo de la Flora Venezolana.* Editorial Tercera Conferencia Interamericana de Agricultura. Caracas, Venezuela. Página 350.
• Pittier, H. (1971). *Manual de las Plantas usuales de Venezuela.* Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas. Venezuela. Página 214.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela.* Segunda Edición. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. Página 279.

ESPINILLO

Nombre científico actualizado
Parkinsonia aculeata L. (*Leguminosae*).

Otros nombres comunes
Espinito, cuji extranjero, yabo zuliano, pino pino, retama, mata linda, chiguare.

Hábitat
En arenales del litoral y zonas semisecas. Probablemente silvestre en toda América (Burkart, 1952).

Descripción de la planta
Arbol de 5-10 m de alto con ramas delgadas y muchas veces colgantes. Hojas bipinadas, pecíolo rudimentario, las pinas hacinadas de 20-30 cm de largo con numerosos segmentos pequeños lineales u oblongos, raquis terminado en una pequeña espina corta. Flores amarillas fragantes sobre pedicelos largos dispuestos en racimos axilares flojos (Schnee, 1973).

Usos populares
Cultivado para cercas vivas. Medicinal como febrífugo. Da leña, fibra textil y el liber para fabricar papel; melífera (Burkart, 1952) y nectarífera (Vera y Aldana, 1983).

Parte usada
Hojas y madera.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• Burkart, A. (1952). *Las Leguminosas argentinas silvestres y cultivadas*. Editorial Acme Agency. Buenos Aires. Página 181.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 296.
• Vera, A. y Aldana, J. (1983). *Contribución al conocimiento de la flora nectarifera-polínifera del Táchira*. VII Congreso Venezolano de Botánica. Guanare - Venezuela.

FLOR DE MAYO

Nombre científico actualizado
Cattleya labiata Lindl. (*Orchidaceae*).

Sinonimia botánica
Catteleya mossae Parker
Catteleya percivaliana (Rechb. f.) O'Brien
Catteleya labiata Lindl. var. *percevaliana* Rechb.f.
Cattleya gaskelliana Rechb.f. ex Williams

Otros nombres comunes
Lirio.

Hábitat
Epífita, en la cordillera de los Andes sobre los 900 m.s.n.m.

Descripción de la planta
Hierbas epifitas o raras veces litofiticas. Pseudo bulbos erectos hasta ascendentes, rectos más o menos encorvados, agregados clavados, ligeramente, hasta bastante comprimidos, unifoliados, unos 10-35 cm de largo y 1,5-4 cm de ancho, revestidos con vainas membranosas fuertemente aplicadas que son de unos 3-4 cm de largo. Hojas muy coriáceas, erecto patentes, hasta más o menos patentes, subplanas hasta ligeramente cóncavas. Inflorescencia racimo generalmente 2-5 flores, pedúnculo erguido, recto o ligeramente flexuoso, terete de unos 8-18 cm de largo. Flores entre las mayores del género, fragantes, generalmente rosado púrpura, menos ferecuentemente blancos. Ovario pedicelado robusto patente, terete ligeramente encorvado hasta algo flexuoso de 6-10 cm de largo (Foldats, 1970; Schnee, 1973).

Usos populares
Ornamental.

Parte usada
Flor.

Bibliografía
• Foldats, E. (1970). *Flora de Venezuela, Orchidaceae*, Vol. XV, Tercera Parte. Edición Especial del Instituto de Botánica M.A.C. Caracas, Venezuela. Página 123.
• Schnee, L. (1973). *Planta Comunes de Venezuela*. Edición Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay. Página 308

HOJA DE QUESO

Nombre científico actualizado
Buddleia americana L. (*Loganiaceae*) (Schnee, 1973).

Sinonimia botánica (PREVECAB, 1990)
Buddleia, Gómez
Buddleia americana var. *rothschuhii* Loesner
Buddleia callicarpoides H.B.K.
Buddleia cana Willd. ex Schultes y Schultes
Buddleia dentata H.B.K.
Buddleia floribunda H.B.K.
Buddleia occidentales L.
Buddleia rufescens Willd.
Buddleia spicata R. et. P.
Buddleia verbasifolia H.B.K.

Otros nombres comunes
Mata de queso, queso, janko Kolli, Kurawara, orkokiswara, quishuar (Schnee, 1973; PREVECAB, 1990).

Hábitat
En zonas altas desde México hasta Bolivia (PREVECAB,1990). En Venezuela, en la Cordillera Costanera de los Andes (Schnee,1973).

Descripción de la planta
Hojas membranáceas, pecioladas, láminas lanceoladas, elípticas u ovadas, tomentoso con pelos estrellados. Inflorescencia de 8-22 cm de longitud, flores fragantes, pequeñas, de color amarillo, agrupadas en cabezuelas formando espigas paniculadas, el fruto es una cápsula (Schnee,1973; PREVECAB,1990).

Usos populares
Medicinal, maderera, cicatrizante de heridas y llagas (corteza) diurético (hojas), para tratamiento de flujos blancos y enfermedades venéreas, contra retención de orina (Prevecab, 1990).

Partes usadas
Corteza, hojas y flores.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• PREVECAB. (1990). *Programa de Recursos Vegetales del Convenio Andrés Bello*. Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello. Tomo III Editorial Secab Bogotá Colombia. Páginas 45-50.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Segunda Edición. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. Página 384

INDIO DESNUDO

Nombre científico actualizado
Bursera simaruba L. Sarg. (*Burseraceae*).

Sinonimia botánica
Pistacia simaruba (L.)
Bursera tomentosa (Jacq) Tr &.Pl.
Bursera graveolens (H.B.K.) Tr &.Pl.
Bursera gumifera (L.)

Otros nombres comunes
Almácigo, pellejo de indio, caraña, mara, marare, cucheme, palo de incienso, caratero, resbala mono, lobo liso.

Hábitat
Selvas xerófilas al noroeste venezolano y faja inferior de la tierra templada (Schnee, 1973).

Descripción de la planta
Arbol de 8 a 20 m de alto, con tronco rojizo, cuyas capas externas están mudándose constantemente. Hojas imparipinadas con 3-13 hojuelas, éstas oblongoaovadas, 6-8 cm de largo, acuminadas, de base oblicua, de margen entero. Flores pequeñas, blancas, polígamas, agrupadas en panículas. Fruto una drupa ligeramente triangulada de 1-15 cm de largo de epicarpio rojo (Schnee, 1973).

Usos populares
En medicina tiene varias aplicaciones; para úlceras, gangrenas, sudorífero, para adelgazar, como antiofídico (PREVECAB, 1990); antiséptico (Baudi, 1987).

Parte usada
Corteza, resina, savia, semillas, renuevos (hojas) tallos y flores. Con la planta se hace un macerado aromático para regular la presión arterial (PREVECAB, 1990).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Silvestre.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica*. Ed. América. Caracas, Venezuela. Página 163.
• PREVECAB, (1990); *Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello*. Tomo III. Ed. SECAB Bogotá, Colombia. Páginas 67 y 71.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Ed. Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Página 394.

JAZMIN CRESPO

Nombre científico actualizado
Brunfelsia americana L. (*Solanaceae*).

Otros nombres comunes
Jazmín de las Antillas, galán, Brunfelsia de América (Pittier,1997; Baudi,1987).

Hábitat
Es cultivada en jardines. Es nativa de las Indias Occidentales.

Descripción de la planta
Arbusto de 1-3 m de alto. Hojas alternas, brevemente pecioladas, elípticas hasta elíptico-ovales o elíptico obovadas de 4-11 cm de longitud. Margen entero con ápice agudo, obtuso o emarginado. Flores grandes fragantes, amarillento blancas, solitarias, terminales o axilares, cigomorfas con tubo corolino pentalobulado. Estambres tetradínamos insertos sobre la corola. Ovario bilocular con numerosos óvulos en cada celda. Fruto una baya. (Schnee,1973).

Uso popular
Antidiarreico (Baudi,1987).

Parte usada
Frutos.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica.* Editorial América. Caracas, Venezuela. Página 165.
• Pittier, H. (1947). *Catálogo de la Flora Venezolana* Editado 3º Conferencia Interamericana de Agricultura. Caracas, Venezuela. Página 349.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela.* Editorial Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 400.

LIMON CRIOLLO

Nombre científico actualizado
Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle (*Rutaceae*).

Otros nombres comunes
Lima Tahití, lima dulce, fruta vedada, fruta limaza. Son cultivares (CV.) diferentes del limón criollo (CV. Mexicano).

Hábitat
Los principales estados venezolanos productores de lima tahiti son Carabobo, Zulia, Falcón, Yaracuy, Cojedes y Sucre (Min. Agric., 1992).

Descripción de la Planta
Arbol frutal de hojas simples que presentan glándulas traslúcidas, pecíolos angostos. Flores blancas hermafroditas. Los frutos son hesperidios esféricos, lisos con ápices levemente puntiagudos de 5-6 cm de alto y 4-5 cm de diámetro. Epicarpio verde que se transforma en amarillo con la madurez (Trisonthi, 1992). Las flores son visitadas por las abejas (Vera y Aldana 1983).

Puntaje según protocolo I del Proyecto CYTED
28

Usos populares
Las cortezas secas y molidas se usan para sahumerios, desinfectantes de ambientes y repelentes de insectos. Los indígenas de la región Guajira lo añaden como saborizante a la chicha, masato (bebida poco fermentada típica de los Andes a base de arroz) y a bebidas estimulantes artesanales.

Parte usada
Corteza de los frutos.

Esencia
Morales y col. (1998) analizaron el aceite esencial obtenido por prensado al frío del epicarpio de frutos mediante cromatografía de gases de alta resolución (Mondello y col, 1995) y reportaron hidrocarburos monoterpenicos (66,7%), sesquiterpenos (8,9%), aldehídos (6,9%), alcoholes (5,2%), cetonas (0,2%) y un 12,4% de componentes trazas sin identificar. Las concentraciones de geranial (3,6%) y neral (1,8%) guardan la relación 2:1 común a los aceites esenciales de los cítricos, pero su calidad es superior porque ambos superan la base de 3,5% del citral para aceites esenciales prensados de esta especie (Huet, 1991).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
En Venezuela, el limón criollo se cultiva como árbol frutal en los estados Carabobo, Zulia, Falcón, Yaracuy, Cojedes y Sucre.

Bibliografía

• Huet, R. (1991). Les huilles essentielles d`agrumes. *Fruits*. 46(5):551-576.
• Ministerio de Agricultura y Cría. (1992). *Plan de Producción y Disponibilidad*. República de Venezuela, Página 76.
• Mondello, L. Dugo, P. Bartle, K. Dugo, G. y Cotroneo, A. (1995). Automated HPLC-HRGC: A Powerful Method for Essential Oils Analys. Identification of Terpene Hydrocarbons of Bergamot, Lemon, Mandarin, Sweet Orange. Bitter Orange, Grapefruit, Clementine and Mexican Lime Oils by Coupled HPLC-HRGC-MS. *Flav.Frag*. J. 10:33-42.
• Morales, V.; Ojeda de R, G.; González de Colmenares, N.; Ferrer, B. (1998). Extracción y caracterización del Aceite Esencial de *Citrus aurantifolia. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia.* Volumen 15. (en prensa).
• Trisonthi, Ch. (1992). Description et identification de quelques fruits tropicaux comestibles. *Fruits*. 47 (4):511-540.
• Vera, A. y Aldana J. (1983). *Contribución al conocimiento de la flora nectarífera-polinífera del Táchira.* VII Congreso Venezolano de Botánica. Guanare - Venezuela.

MAMEY

Nombre científico actualizado
Mammea americana L. (*Guttiferae*) (Schnee, 1973).

Otros nombres comunes
Albaricoque (Baudi, 1987).

Hábitat
Es conocida únicamente cultivada en tierras calientes. Es nativa de América Tropical.

Descripción de la planta
Arbol mediano o grande. Hojas opuestas oblongo-elípticas u obcordadas elípticas, de 10-25 cm de largo, de ápice obtuso o redondeado y base obtusa hasta aguda, coriácea; toda la hoja con glándulas pelucidas. Inflorescencias axilares, sésiles con 1-3 flores polígamas. Pedicelos de 10-15 cm de largo. Cáliz primero cerrado, luego partiéndose en 2 valvas semiglobosas, cóncavas o gruesas de 17-25 mm de largo. Estambres numerosos. Fruto subgloboso de 10-15 cm de diámetro, exocarpo grueso y de color pardo, mesocarpo amarillo y comestible. Semillas en número variable (Schnee, 1973).

Usos populares
Para lociones aromáticas, medicinal, insecticida, en escabiosis, pediculosis (Baudi, 1987).

Partes usadas
Flores, hojas, rebrotes y corteza.

Trabajos de domesticación o cultivo
Es una planta cultivada en Venezuela.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas Medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica*. Ed. América. Caracas, Venezuela. Página 181.
• Pittier, H. (1971). *Plantas usuales de Venezuela*. Ed. Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 203.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 444.

MASTRANTO

Nombre científico actualizado
Hyptis suaveolens (L.) Poit. (*Labiatae*) (Schnee, 1973).

Otros nombres comunes
Lavaplatos, jujure.

Hábitat
Ampliamente distribuida, especialmente en sabanas, desde el nivel del mar hasta 900 m.s.n.m.

Descripción de la planta
Hierba de 1-1,5 m de alto de tallos cuadrangulares, glandulosos, velludos e hirsutos. Hojas largamente pecioladas a aovadas; 4-10 cm de largo de ápice agudo y base redondeada con margen aserrado. Flores agrupadas en pequeños racimos densas, que se encuentran generalmente solitarias en la axila de las hojas superiores y que forman una inflorescencia espiciforme. Corola azulada o purpúrea, bilabiada (Schnee, 1973).

Usos populares
Se usa en medicina popular en baños para combatir las erupciones (Pittier, 1971).

Partes usadas
Hojas.

Esencia
Empleando las técnicas de cromatografia de gases, espectrometría de masas e infrarroja, se identificaron: canfeno (0,8%), α-terpineno (5,1%), β-pineno (3,2%), limoneno (13,5%), fenchona (42,3%). Se detectaron además 5 monoterpenos, 11 sesquiterpenos y 3 diterpenos (Flores y Medina, 1970).

Trabajo sobre domesticación o cultivo
En Venezuela es cultivado en las regiones andinas montañosas situadas en Mérida y Táchira. En los Llanos es maleza abundantisima, indicadora de sobrepastoreo.

Bibliografía
• Flores, S.E. y Medina, J.D. (1970). Estudio preliminar de los componentes del Aceite Esencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Acta Cient. *Venezolana*, 21(4):161-162.
• Pitter, H. (1971). *Manual de las plantas usuales de Venezuela.* Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas. Venezuela. página 315.
• Schnee, L. (1973). Plantas Comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía.* Universidad Central de Venezuela. 2º Edición. Maracay, Venezuela. Página 468.

OLIVO

Nombre científico actualizado
Capparis odoratissima Jacq. (*Capparidaceae*).

Sinominia botánica
Capparis breynia H.B.K. (PREVECAB,1990)
Capparis intermedia H.B.K.
Capparis torulosa Gris.

Otros nombres comunes
Ajito, kapuchirii, olivo macho, olivo hembra.

Hábitat
En bosque xerofíticos y caducifolios en el norte y costa de Venezuela.

Descripción de la planta
Arbusto o árbol pequeño de 1,5 m de alto, con las ramitas provistas de escamas diminutas. Hojas oblongas o elípticas de 4-11 cm de largo y 2,5-4 cm de ancho, obtusas, de base redondeada u obtusa. Flores de 2 cm de diámetro muy fragantes. Pétalos 4, primero de color crema y luego cambiando hacia púrpura, oblongos, de ápice redondeado, 5-8 mm de largo, escamosas. Estambres 5-7 mm de largo. Pistilo más corto que los pétalos. Ovario sésil o muy brevemente pedicelado. Fruto cilíndrico, verrugoso provisto de escamitas parduscas o plateadas. La pulpa de color escarlata (Scheer, 1973).

Usos populares
Es medicinal y ornamental, para combatir el prurito y los dolores de vientre (PREVECAB,1990).

Parte usada
Ramas.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Cultivadas para cercas y parques.

Bibliografía
• PREVECAB. (1990). *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello*. Ed. Secab, Bogotá, Colombia. Tomo IV. Página 67.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance Nº 3. Universidad Central de Venezuela, Octubre. Maracay, Venezuela. Página 510.

OREGANO

Nombre científico actualizado
Lippia micromera Schauer (*Vebenaceae*) (López, 1977).

Sinonimia botánica
Lippia orgianifolia Kunth ex Cham
Lippia micromer Schauer
Lippia micromeria Schauer
Gardoquia organoides Reichb. ex Cham. (López, 1977)

Hábitat
Distribuído en todo el país.

Descripción de la planta
Arbusto hasta de 2,5 m de alto, muy ramificado, frecuentemente gregario, con olor especial, similar a orégano, tomillo y salvia. Ramas tetrágonas, hojas opuestas, decusadas, la de los ramúsculos aglomerados hasta parecer fasciculado, aromático, fragante. Borde de las hojas crenados. Inflorencia capitada subglobosa, solitaria en las axilas superiores. Flores fragantes, cáliz comprimido, corola hipocrateriforme, blanca con garganta amarillenta (López, 1977).

Usos populares
Estomáquica y alivia asma (Pittier, 1971).

Partes usadas
Hojas.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Sembradio artesanal.

Bibliografía
• López, S. (1977). *Flora de Venezuela: Verbenáceas*. Editorial Universidad de los Andes. Consejo de Planificación, Facultad de Farmacia. Mérida, Venezuela. Página 432.
• Pittier, H. (1971). *Planta usuales de Venezuela*. Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 334.

OREGANO

Nombre científico actualizado
Lippia origanoides H.B.K. (*Verbenaceae*) (López, 1977).

Sinominia botánica
Lippia berterii Spreng.
Lantana ciliaris Willd. (López 1977)

Otros nombres comunes
Orégano de burro, poleo, orégano cimarrón, orégano de cerro, orégano ancho (García, 1992).

Hábitat
Distribuido en todo el país, principalmente en el Estado Sucre (López, 1977).

Descripción de la planta
Arbusto de 1 a 3,5m de alto muy ramificado, con olor a orégano. Hojas opuestas decusadas, aromáticas. Inflorescencias axiales, verticiladas, vistosas de 4 a 6 por axila. Flores pequeñas vistosas, cáliz bífido, corola blanca pubescente exteriormente. Fruto ovado (López, 1977).

Usos populares
Medicinal (Schnee, 1973). Expectorante, para afecciones bronquiales, pulmonares, asma, tos, estómatico, antiespasmódico y emenagogo (García, 1992).

Parte usada
Hojas.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Siembra artesanal.

Bibliografía
• García, B. H. (1992). *Flora medicinal de Colombia*. Editorial Tercer Mundo. Bogotá, Colombia. Tomo II. Página 508.
• López, P. (1977). *Flora de Venezuela*. Editorial Universidad de los Andes. Consejo de Publicación. Facultad de Farmacia. Mérida, Venezuela. Página 438.
• Schnee, L. (1973). Plantas comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Alcance Nº 3. Universidad Central de Venezuela, Octubre. Maracay, Venezuela. Página 515.

OREGANOTE

Nombre científico actualizado
Minthostachys mollis (Kunth) Grisebach (*Lamiaceae*).

Sinonimia botánica
Minthostachys verticillata (Grisebach) Epling
Bystropogon mollis Kunth
Bystropogon canus Benth (Schnee, 1973)
Xenopoma vertillatum Gris.

Otros nombres comunes
Peperina, piperina, pipirina, peprita, poleo, qowa, q'owa sankawana (aymara), muña (quechua), muña muña, tipo, tipillo (Ecuador).

Hábitat
En Venezuela se encuentra en los páramos Andinos y en sitios elevados de la Cordillera de la Costa (Schnee, 1973). En América del Sur crece entre los 700 y los 1.500 metros en selva transicional, hasta el centro de Argentina. Existen dudas de la identidad de la especie en todo esta región (Epling y Játiva, 1963), pues ante las notables diferencias climáticas, edáficas o altitudinales, parecería presentar una gran plasticidad.

Descripción de la planta
Planta arbustiva con la base algo leñosa de 1 a 1,2 metros de alto, con flores blancas o blanco con lila; las mismas están dispuestas en las axilas de las hojas; las hojas carecen de dientes o con dientes inconspícuos y distanciados entre sí; las hojas son más anchas en la mitad y tienen un olor fragante parecido al de la "hierba buena" (Steyermark y Huber, 1978). En el cono sur latinoamericano florece en verano.

Puntaje según protocolo I del Proyecto CYTED
28 puntos.

Usos populares
Antihistamínico. Para proteger la cosecha de tubérculos, acción demostrada por Aliaga y col. (1985). Como digestivo y en bebidas espirituosas, existen numerosos productos comercializados en el cono sur americano (tisanas de uso popular o medicinales y como constituyente de aperitivos y amargos). Las hojas son usadas en algunos países latinoamericanos (Ecuador) para fumar en caso de asma y dolores de cabeza.

Parte usada
Hojas y flores.

Esencia
Se extrajeron mediante arrastre con vapor durante 2 horas, muestras de material vegetal fresco (hojas y flores) provenientes de San Rafael de Mucuchíes, Mérida, Venezuela, y del Jardín de Plantas Medicinales de la Facultad de Farmacia de la Universidad de los Andes, Venezuela, cosechadas durante los meses de Mayo y Julio 92; Febrero y Julio 93. El aceite se colectó en una trampa tipo Clevenger. Los rendimientos de la esencia fueron de 2,24% (ml/100 g materia fresca) para las

plantas cultivadas y de 1,96% (ml/100 g materia fresca) para las plantas del páramo San Rafael de Mucuchies. Mediante el uso de patrones, comparación con índices de Kováts, calculados en columnas de Carbowax y metilfenilsilicona y CG-MS se lograron identificar los siguientes compuestos más abundantes: α-pineno (0,3%), β-pineno (0,2%); 1-octen-3-ol (0,5%); limoneno (1,7%); linalool (0,6%); mentona (2,9%), isopulegona (2,1%), dehidrocarveol (0,8%), pulegona (86,5%), piperitenona (0,8%), β-cariofileno (0,3%) y α-humuleno (0,1%). Se demostraron las propiedades antihistamínicas del aceite esencial (Rojas y Usubillaga, 1995).

El aceite de *Bystropogon* canus fue estudiado (Whelan, 1922) por cromatografía de capa fina; no detectaron pulegona, timol o carvacrol.

Lizzi y Retamar (1975), trabajando con material proveniente de la provincia argentina de Tucumán, al noroeste del país, encontraron como principales componentes: carvona (65,8%) y pulegona (17,4%), además de mentona (9,3%), isomentona, eucaliptol, limoneno, (y (pineno. Estos valores se diferenciaban notablemente de materiales estudiados en la provincia central de Córdoba, donde los principales constituyentes eran pulegona (30-35%) y mentona (50-55%) (Retamar, 1982).

Alkire y col. (1994), con material ecuatoriano cultivado en Indiana (Estados unidos de N.A.) encontraron: neomentol (29,3%), mentona (24 %), mentol (20,5% y piperitona (9%).

En trabajos publicados en 1961 en Argentina, Fester y col. (1961) encontraron además dos ácidos: uno de ellos llamado por ellos ácido peperínico (PF: 188-189ºC, rotación específica: -24.02º en piridina), que sería el derivado dihidrogenado del hidroximentofurano, una hidroxilactona.

Zygadlo y col. (1996), analizando 10 muestras de distintas regiones del centro y noroeste argentinas, comprobaron una notable variabilidad en cuanto a la composición de sus esencias. En algunos casos los constituyentes principales resultaron ser el timol y carvacrol (65 y 35% respectivamente), mientras que en otros materiales estos componentes estaban totalmente ausentes. Basado en sus resultados, estos autores proponen tres quimiotipos para la *Minthostachys verticillata*: tipos timol/carvacrol, carvona y mentona/pulegona. En otro estudio (Bandoni y col., 1998) se ha observado la notable variación en la composición del quimiotipo mentona/pulegona, según el momento de cosecha del material, aunque la suma de ambos terpenos permanece constante (entre 85 y 88%). Algo similar a lo que ocurre con otras especies de Lamiáceas, y que puede explicarse por la relación biosintética entre estos productos: cuando la planta está en prefloración la relación mentona/pulegona es de 0,34, en plena floración es de 0,75, y al final de la floración es de 1,5.

Trabajos sobre domesticación o cultivo

Cultivos en el Jardín de Plantas Medicinales de la Facultad de Farmacia de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Dos cosechas al año, recolectándose de 300-400 gramos de hojas y flores por planta. En Argentina existen algunos cultivos, aunque aún en pequeña escala. Se multiplica por gajos o por semillas.

Observaciones

El aceite esencial de *M. mollis* muestra actividad antihistamínica similar a la clorofeniramina (Rojas y Usubillaga, 1995). Esporádicamente se han comercializado en Argentina pequeñas partidas de este aceite esencial, para consumo interno. Evidentemente, es necesario hacer un estudio más completo de esta especie, desde el punto de vista botánico y químico, para determinar la identidad y variabilidad de la misma a través de todo el subcontinente sudamericano.

Bibliografía

• Aliaga, T.J. y W. Feldheim. (1985). Inhibition of sprouting of stored potatoes by the essential oil of the muña plant (*Minthostachys species*) from South America. *Ernaehrung (Vienna)* 9(4):254-6. C.A: 104:87339e.

• Alkire, B.H., A. Tucker y M. Maciarello. (1994). Tipo, *Minthostachys mollis (Lamiaceae)*: an Ecuadorian mint. Ec. botany 48(1):60-4.

• Bandoni, A.L., M.A. Juárez y M.A. Elechosa. (1998). Composición de esencias de peperina (*Minthostachys verticillata* (Giresb.) Epling provenientes de Córdoba y San Luis. *Actas del 12º Congreso Nacional de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales, Córdoba, Argentina*, noviembre de 1998.

• Dimitri,M. (1980). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo I. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina.

• Epling, C y C. Játiva, (1963). Supplementary notes on American Labiatae. VIII. *Brittonia* 15: 366-376.

• Fester, G.A., E.A. Martinuzzi, J.A. Retamar y A.I. Ricciardi. (1961) *Aceites esenciales de la República Argentina*. Ed. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba. 113 pp.

• Lizzi, S.M. y J.A. Retamar. (1975). Aceite esencial de *Minthostachys verticillata* (Griseb.) Epling. Riv. it. EPPOS (abril).

• Retamar, J.A. (1982). *Aceites esenciales de especies vegetales diversas. Sus posibilidades químicas*. Ed. IPNAYS, Santa Fe, Argentina. Volumen I, 2 tomos, 360 páginas

• Rojas, B. y Usubillaga, A. (1995). Essential oil of *Mintostachys mollis* Grisebach from Venezuela. J. Essent. Oil. Res. 7:211-213.

• Schnee, L. (1.973). *Plantas comunes de Venezuela*. Ed. Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, páginas 515-516.

• Steyermark, J.A. y O. Huber. (1978). *Flora del Avila*. Ed. Incafo. Castello, Madrid, página 59.

• Whelan, J. (1922). Oil of *Bystropogon canus*. J. Am. Pharm. (11):337-338.

• Zygadlo, J.A. y col. (1996). Essential oil variability of *Minthostachys verticillata*. *Biochemical Sustematics and Ecology* 24(4):319-323.

PARASITA

Nombre científico actualizado
Odontoglossum spectatissimum Lindl. (*Orchidaceae*) (Dunsterville, 1972) .

Sinonimia botánica
Odontoglossum triumphans Rchb. f.

Otros nombres comunes
Flor del Táchira.

Hábitat
En páramos desde los 2.300 a 2.500 m.s.n.m. Se extiende hasta Colombia.

Descripción de la planta
Hierba epífita pseudobulbo angostamente ovoide, bifoliados de unos 6-10 cm de largo y hasta aproximadamente 4 cm de ancho, lateralmente revestidas con varias vainas de las cuales unas o dos de las internas provistas de limbo foliar. Hojas subcoriáceas, linear lanceoladas, hasta linear oblongo lanceoladas agudas largamente peciolariforme, encorvada hasta más o menos péndulas aproximadamente con 4-10 flores unos 35-38 cm de largo. Flores grandes, olorosas (Vásquez, 1998) y vistosas. Sépalos y pétalos amarillos con manchas de color castaño, labelo blanco con una mancha apical grande de color castaño y la columna blanca con manchitas castañas. Ovario pedicelado. Sépalos y pétalos semejantes, los pétalos ligeramente más anchos. Labelo conspicuamente ungiculado, libre a la base de la uñas, soldada a la porción basal de la columna, por encima de la uña dilatado en una lámina (Foldats, 1970).

Usos populares
Ornamental.

Partes usadas
Flor.

Bibliografía

• Dunsterville, E. (1972). *Venezuelan Orchid Ilustrated*. Volume V. Página 218.
• Foldats, E. (1970). *Flora de Venezuela, Orchidaceae*, Vol XV. Quinta Parte. Edición Especial del Instituto de Botánica M.A.C. Caracas, Venezuela. Páginas 240-242.
• Vásquez, R. (1998). Comunicación personal. Botánico de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela.

PEPINO ANDINO

Nombre científico actualizado
Cyclanthera pedata Schrad (*Cucurbitaceae*).

Otros nombres comunes
Caigua (Perú), pepino escombro (Colombia).

Hábitat
En la zona Andina.

Descripción de la planta
Hierba anual, trepadora de olor fuerte, con zarcillos ramificados. Hojas digitadas de 5-7 hojuelas, flores pequeños e inconspicuas, las masculinas en panículas de 10-20 cm de largo las femeninas solitarias. Fruto oblongo-lanceolado, amarillento-blanco de unos 5-10 cm de largo, largamente atenuado, con unas pocas espinas carnosas y cortas en la parte basal (Scheer, 1973).

Usos populares
Alimento.

Partes usadas
Fruto.

Trabajos de domesticación o cultivo
Es una planta cultivada en los Andes desde Perú hasta Venezuela.

Bibliografía
• Schnee, L. (1973) Plantas comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela*. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 576.

PITAHAYA DE BEJUCO

Nombre científico actualizado
Hylocereus venezuelensis Britton y Rose (*Cactaceae*) (Fernández, 1979).

Otros nombres comunes
Reina de la noche.

Hábitat
Regiones secas del norte venezolano. Bosques desiduos (Fernández, 1979).

Descripción de la planta
Trepadora de ramas alargadas, azulosas de 3 a 4 cm de ancho y con 3 costillas angulares, con márgenes rectos, areolas con 2-3 espinas cortas y robustas. Flores nocturnas muy olorosas y grandes de 25 cm de largo con brácteas verdes con márgenes púrpuras en los ovarios y tubo floral (Fernández, 1979).

Usos populares
Diurética, antidiarreica (Baudi, 1987).

Parte usada
Raíces y tallos (conocimiento popular).

Trabajos sobre domesticación o cultivos
Se trasplanta, llevándolo de su hábitat a las casas. No hay referencia de trabajos de domesticación.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas Medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica.* Editorial América. Caracas, Venezuela, Página 218.
• Fernández-Badillo, A. (1979). Cactáceas de Venezuela. Sociedad Conservacionista de Aragua. Boletín Técnico Nº 12, Maracay, Venezuela, Página 81.

POLEO

Nombre científico
Satureja brownei L. (Sw.) Briq. (*Labiatae*) (Schnee, 1973).

Sinonimia botánica
Micromeria brownei (SW.) Benth.

Otros nombres comunes
Ajedrea (Baudi, 1987).

Hábitat
Cordillera de la costa, Andes 1.400-3.000 m.s.n.m. Lugares sombreados o húmedos de tierra templada (Pittier,1971).

Descripción de la planta
Hierba perenne, ramificada, aguda y decumbente, 20-40 cm de alto, glabra. Hoja ancha aovadas u orbiculares, glabras de 5-12 mm de largo, ápice obtuso o agudo y base truncada o algo coodiforme, con margen ligeramente curvado. Flores axilares en pares o solitarios. Corola morada pálida o blancuzca. Planta aromática (Schnee, 1973).

Usos populares
Aromática y medicinal (Schnee,1973). Carminativa, estimulante suave, usada en bronquitis (Baudi, 1987). Pectoral, emenagoga, hepática (Pittier, 1947).

Parte usada
Hojas (Baudi,1987).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Se reproduce por tallos y se puede sembrar de semilla.

Observaciones
El aceite contiene pulegona (54.6%) y mentona (32.9%) (Pino y col., 1997).

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas Medicinales Existentes en Venezuela y Latinoamérica. Editorial América*. Caracas, Venezuela. Página 219.
• Pino, J., Estarron, M y Fuentes, V. (1997). Essential oil of *Satureja brownei* grown in Cuba. *J. Essent.* Oil Research 9: 595-596.
• Pittier, H. (1947). *Catálogo de las flores venezolanas*. Editorial Litografía y Tipografía Vargas. Caracas, Venezuela. Página 346.
• Pittier, H. (1971). *Manual de las Plantas usuales de Venezuela.* Editorial Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela. Página 369.
• Schnee, L. (1973). Planta Comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.* Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 162.

SALVIA

Nombre científico actualizado
Pluchea odorata (L.) Cass. (*Compositae*) (Aristeguieta, 1964).

Sinonimia botánica
Conyza odorata L.

Otros nombres comunes
Salvia real, salvia santa, té indígena, salvia azul, salvia rosada.

Hábitat
Especie de amplia distribución especialmente en el norte y centro de Venezuela (Aristeguieta 1964). En el Táchira, en zonas cafetaleras de los Andes (Vera, 1994).

Descripción de la planta
Planta arbustiva, ramificada de 1-2 m de alto tallos jóvenes irregularmente agulosos. Hojas externas ovado-oblongas hasta lanceoladas, ligeramente pilosas, enteras. Inflorescencias corimbosas ramificadas, densas, terminales, cabezales numerosos de 5-6 mm de largo, conteniendo muchisimas flores heterógamas discoideas, flores marginales femeninas. Aquenios de las flores femeninas filiformes de 0,5 a l mm de largo. Papus blanquecinos (Aristeguieta, 1964). Las flores son visitadas por las abejas (Vera y Aldana 1983).

Usos populares
Antiespasmódica, diaforética, digestiva (Baudi, 1987).

Parte usada
Hojas.

Trabajo sobre domesticación o cultivo
Silvestre. Se hacen trasplantes de plántulas silvestres para cultivos.

Bibliografía
• Aristeguieta, L. (1964). *Compositae; Flora de Venezuela*, volumen X, parte primera. Editorial Instituto de Botánica. Caracas, Venezuela. Página 334.
• Baudi, O (1987. *Plantas Medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica. Editorial América.* Caracas, Venezuela, Página 230.
• Vera, A. y Aldana, J. (1983). *Contribución al conocimiento de la flora nectarifera-polinifera del Táchira.* VII Congreso Venezolano de Botánica. Guanare. Venezuela.
• Vera, A. (1994). Inventario de las plantas medicinales del Táchira (Venezuela), *Revista Científica de la Universidad Nacional Experimental del Táchira* (UNET). San Cristóbal, Venezuela. 8: 67-92.
• Schnee, L, (1973). *Plantas Comunes de Venezuela*. Ed. Facultad de Agronomía de la Universidad de Venezuela.

SARRAPIA

Nombre científico actualizado
Dipteryx odorata (Subl.) Willd (*Leguminosae-Papilionoideas*).

Sinominia botánica
Coumarouma odorata Subl.
Coumarouma punctata S.F. Blake

Otros nombres comunes
Yape.

Hábitat
Márgenes de los afluentes del Río Orinoco, montañas y valles que forman el Orinoco, así como en el Llano (Pittier,1971) y Delta de Amacuro (Schnee,1973).

Descripción de la planta
Arbol. Hojas alternas pinnadas con pecíolo y raquis alados y tomentosos. Los foliolos alternos en número de 4-6, coriáceos, glabros y oblongos. Flores en panículas cortas, terminales. Cáliz campanulado o bilabiado, densamente ferrugíneo-tomentoso en el lado externo. Pétalos unos 12 mm de largo, ungiculados, el estandarte blancuzco, las alas y quilla más o menos rosadas. Estambres 10 monadelfos. Legumbre drupácea corto-cilíndrica, de unos 5 cm de largo, 2,5 a 3 cm de diámetro, monospermo (Scheer, 1973). Las semillas son aromáticas (Pittier, 1971; Burkart, 1952).

Usos populares
Industrial, en aroma de tabacos y fabricación de perfumes (Pittier 1971).

Parte usada
Semillas.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Es susceptible de cultivo, comprobado en Maturin (Borburata) y otros lugares (Pittier, 1971).

Bibliografía
• Burkart, A. (1952). *Las Leguminosas argentinas cultivadas y silvestres*. Ed. Acme Agency. Buenos Aires, Argentina, Página. 239.
• Pittier, H. (1971). *Manual de las Plantas usuales de Venezuela*, Ed. Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela, Página 370.
• Schnee, L. (1973). *Plantas comunes de Venezuela*. Revista de la Facultad de Agronomía.. Universidad Central de Venezuela, 2da Edición. Maracay, Venezuela. Página 657.

TACAMAHACO

Nombre científico actualizado
Protium heptaphyllum (Subl.) March (*Burseraceae*).

Sinonimia botánica
Protium reglectum Subl.

Otros nombres comunes
Anime, aceitico, caraña, currucay (Schnee, 1973).

Hábitat
Es frecuente en tierra caliente.

Descripción de la planta
Arbol de 5-20 m de alto. Hojas imparipinadas de 15-25 cm de largo, generalemente con 2 o 3 pares de hojuelas, éstas oblongo-lanceoladas hasta oblongo elípticas, atenuadas hacia el ápice de 8-10 cm de largo. Inflorescencias axilares en forma de glomérulos muy ramificados. Flores tetrámeras raras veces pentámeras de 2,5 a 3,5 cm de largo, de color amarillento verdoso hasta verde-rojizo, ovario globoso, tetralobulado, tetra locular, estilo tetrasurcado y estigma tetralobulado. Fruto drupa oblicuo oviforme y monosperma o globoso con 2-3 semillas, pericarpo rojo (Schnee, 1973).

Usos populares
Medicinal, resolutivo (Baudi,1987).

Parte usada
Tronco.

Bibliografía
• Baudi, O. (1987). *Plantas Medicinales existentes en Venezuela y Latinoamérica*. Ed. América. Caracas, Venezuela. Página 236.
• Schnee, L. (1973). Plantas comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela*. Segunda Edición. Maracay, Venezuela. Página 671.

Especies aromáticas promisorias en Uruguay

ARRAYAN

Nombre científico actualizado
Blepharocalyx tweediei (Hook. & Arn.) Berg. (*Myrtaceae*).

Sinonimia botánica
Eugenia tweediei Hook. et Arn.
Eugenia elliptica Hook. et Arn.
Blepharocalyx elliptica Berg.
Eugenia depauperata Cambessedes
Blepharocalyx depauperatus Berg.
Blepharocalyx amarus Berg.
Blepharocalyx lanceolatus Berg.

Hábitat
Sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, centro y nordeste de Argentina.

Descripción de la planta
Arbol de hasta unos 8 m, completamente glabro, de corteza rugosa no dehiscente. Hojas cartáceas, concoloras con olor gomenolado cuando verdes, lanceoladas y largamente atenuado-aguzadas hasta el ápice muy agudo: hacia la base un poco más anchas. Miden de 4-8 cm de largo y 0,8-1,2 de ancho. Pecíolos de 2-4 mm. Inflorescencias axilares débiles, en dicasio de 3-7 flores con las flores centrales sésiles. Los frutos se presentan como pequeñas bayas globosas rojas, desprovistas de sus sépalos y con el ápice más o menos cuadrangular, apenas cóncavo. Tienen sabor muy resinoso y son apreciadas por algunas aves. Se encuentra en montes fluviales y parajes húmedos.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
38

Usos populares
Se encuentran descriptos usos medicinales de este árbol en afecciones de las vías respiratorias con propiedades antiespasmódicas, antisépticas y balsámicas.

Parte usada
Partes aéreas.

Esencia
Se analizaron muestras de partes aéreas provenientes de la zona sur de Uruguay, cosechadas en febrero y marzo. Fueron extraídas utilizando un aparato autogenerador de vapor, en acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con un tiempo de destilación de 2 horas. El rendimiento promedio de aceite esencial fue de 0,52 % (p/p) calculado sobre material seco. El análisis del aceite se realizó por GC (columnas polar y no polar) utilizando Indices de Retención Lineal (con hidrocarburos estándares) y GC-MS (columnas polar y no polar). Los componentes más importantes identificados fueron: α-pineno (3,7%), 1,8-cineol (62,7%), δ-terpineno (3,8%), 4-terpineol (3,6%) y α-terpineol (4,1%). Algunos autores han descripto otros componentes, en particular la

presencia de verbenona y carvona para esencias provenientes de Argentina. Fester y col. (1961) encontraron que el material proveniente de Argentina tiene un olor más a pineno que a eucaliptol, lo que indicaría un menor porcentaje de este último compuesto.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No descriptos.

Observaciones
El aceite esencial se encuentra estudiado, si bien no existe una explicación razonable acerca de las variaciones en composición encontradas para las diferentes zonas de distribución geográfica. Sin embargo, se trata de una planta cuyas características la hacen adecuada para la obtención de resinoides y estudios preliminares demuestran la presencia de notas apreciables en estos extractos.

Bibliografía
• Dellacassa, E., D. Lorenzo, L. Mondello y P. Dugo. (1997). Uruguayan Essential Oils. Part IX. Composition of Leaf Oil of *Blepharocalyx tweediei* (Hook. et Arn.) Berg var. *tweediei* (Arrayán) (*Myrtaceae*). *J. Essent.* Oil Res. 9, 673-676.
• Fester, G.A. y col. (1961). *Aceites esenciales de la República Argentina*. Ed. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. Pág. 62-63.
• Legrand, D. (1968). *Las Mirtáceas del Uruguay*. Ed. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.
• Ratera, E.L. y M.O. Ratera. (1980). *Plantas de la Flora Argentina empleadas en la medicina popular*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 6 y 81.
• Toursarkissian, M. (1980). *Plantas Medicinales de la Argentina*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 28.

CARQUEJA (1)

Nombre científico actualizado
Baccharis trimera (Less.) DC. (*Asteraceae*).

Sinonimia botánica
Molina trimera Less.
Baccharis genistelloides Pers. var *trimera* (Less.) Baker.

Otros nombres comunes
Con el nombre de carqueja se usan indistintamente varias especies de Baccharis con morfología externa muy similar.

Hábitat
Sur de Brasil, centro y nordeste de Argentina y Paraguay. En Uruguay es una especie muy común en todo el país.

Descripción de la planta
Arbusto pequeño dioico, perenne, desprovisto de pelos, glanduloso, de hasta 70 cm de altura. Provisto de tallos trialados, carente de hojas o con hojas reducidas. Las flores se disponen en capítulos unisexuados sésiles, de 6-7 mm de altura en lo alto de las ramillas en forma de espigas; los capítulos masculinos tienen forma cilíndrica y los femeninos hemisférica.
Florece a fines del verano hasta principios del otoño, pudiéndose extender hasta bien entrado el invierno.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
37

Usos populares
Es una especie ampliamente usada en la medicina popular rioplatense, y en el sur de Brasil y Paraguay. Las partes aéreas se usan en forma de infusión como estomacal y para problemas hepáticos. También se cita la infusión de las partes aéreas como tónico amargo, estomacal, hepatoprotector, eupéptico, contra la gastroenteritis, febrífugo, antidiarreíco, antihelmíntico, para empleo en anorexia y astenia.

Parte usada
Partes aéreas.

Esencia
Se analizaron muestras de partes aéreas provenientes de la zona sur del Uruguay, cosechadas en febrero y marzo. Fueron extraídas utilizando un aparato autogenerador de vapor, en acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con un tiempo de destilación de 2 horas. El rendimiento promedio de aceite esencial fue de 0,81 % (p/p) calculado sobre material seco. El análisis del aceite se realizó por GC (columnas polar y no polar) utilizando Indices de Retención Lineal (con hidrocarburos estándares) y GC-MS (columnas polar y no polar). Los componentes más importantes identificados fueron: β-pineno (4,2%), limoneno (3,6%), β-ocimeno (3,1%), acetato de carquejilo (59,6%) y ledol (5,4%). Algunos autores han descripto otros componentes, en particular lactonas sesquiterpénicas y estructuras diterpénicas del tipo clerodano.
Extractos
Se describen aplicaciones de extractos con diferentes solventes y en particular infusiones acuosas,

con énfasis en algunos componentes de naturaleza terpénica pero fundamentalmente en otras estructuras como es el caso de flavonoides.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Existen ensayos de cultivo en el sur de Brasil, con el fin de domesticar la especie y conocer su manejo agrícola.

Observaciones
La composición del aceite esencial muestra un contenido importante en acetato de carquejilo, cuyo aporte aromático es considerado interesante aunque agresivo. En aplicaciones para aromaterapia, se destaca su potencialidad en la esfera digestiva como antiespasmódica y antiinflamatoria (aún no confirmado por estudios farmacológicos).
Es una planta que ya tiene aplicación en medicina y en licorería en la región rioplatense, por lo que parece promisorio su cultivo como aromática.

Bibliografía
• Arrillaga de Maffei, B. (1969). *Plantas Medicinales*. Ed. Nuestra Tierra, Montevideo, Uruguay.
• Alonzo Paz, E., M.J. Bassagoda y F. Ferreira. (1992). *Yuyos. Uso Racional de las Plantas Medicinales*. Ed. Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay. Página 39.
• Bandoni, A.L., M.E. Mendiondo, R.V.D. Rondina y J.D. Coussio. (1972). Survey of Argentine Medicinal Plants. I. Folklore and Phytochemical Screening. *Lloydia* 35(1): 69-80.
• Boldt, P.E. (1989). *Baccharis (Asteraceae), a review of its taxonomy, phytochemistry, ecology, economic status, natural enemies and the potencial for its biological control in the United States*. USDA, Agricultural Research Service Grassland, Soil and Water Research Laboratory Temple, Texas.
• Ferretti, A., J. Guillarmod e Y. Naves. (1970). o-Menthols and o-Menthones (Carquejanols and Carquejanones). *Helv. Chim. Acta* 53(2): 201-208.
• Gamberini, M.T. y A. Lapa. (1992). Açoes Antiúlcera e Antiácida do Extrato Aquoso e das Fraçoes da *Baccharis trimera Mart. Anais XII Simposio de Plantas Medicinais do Brasil*, 3.
• González, M., V. Coppetti, A. Lombrado y A. Vallarino. (1937). *Plantas de la Medicina vulgar del Uruguay*. Ed. Talleres Gráficos Cerrito, Montevideo, Uruguay.
• Gupta, M.P. (editor). (1995).270 *Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Ed. Convenio Andrés Bello. Santafé de Bogotá, Colombia, página 78.
• Herz, W., A. Pilotti, A. Soderholm, I. Shukama, I. Kazumi y W. Vichnewski. (1977). New Ent-Clerodane Type Diterpenoids from *Baccharis trimera*. *J. Org. Chem*. 42(24): 3913-3917.
• Jarvis, B., J. Midiwo, G. Bean, M. Bassam y C. Barros. (1988). The Mystery of Tricothecene Antibiotics in *Baccharis* species. J. Nat. Prod. 51(4): 736-744.
• Lombardo, A. (1983). *Flora Montevidensis*. Ed. Intendencia Municipal de Montevideo, Montevideo, Uruguay. Tomo 2, Gamopétalas, página 202.
• Martínez Crovetto, R. (1981). *Plantas utilizadas en medicina en el NO de Corrientes*. Ed. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
• Simoes, C.M.O., L. Auler Mentz, E.P. Schenkel, B. Irgang y J. Stehmann. (1986). *Plantas da Medicina Popular no Rio Grande do Sul*. Ed. da Universidade, U.F Rio Grande do Sul, Brasil.
• Soiche, H. y E. Leng-Peschlow. (1987). Characterization of Flavonoids from *Baccharis trimera* and their Hepatotoxic Properties. *Planta Medica* 53(1): 37-39.
• Toursarkissian, M. (1980). *Plantas Medicinales de la Argentina*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 25.
• Towers, G., Ch. Wat, E. Graham, R. Bandoni, G. Chan, J. Mitchell y J. Lam. (1977). Ultraviolet-Mediated Antibiotic Activity of Species of Compositae Caused by Polyacetylenic Compounds. *J. Nat. Prod*. 40(5): 487.

CARQUEJA (2)

Nombre científico actualizado
Baccharis dracunculifolia DC. (*Asteraceae*).

Sinonimia botánica
Baccharis leptospermoides DC.
Baccharis bracteata Hook. et Arn.

Otros nombres comunes
Chilca, mata ojo, thola, vassoura.

Hábitat
Sur de Brasil, Bolivia, Paraguay, Uruguay; norte de la Argentina hasta entre Entre Ríos.

Descripción de la planta
Arbusto o arbolito de 1,5-5 m de altura, muy ramoso, densamente hojoso, con ramas nuevas notablemente costadas, pubescentes. Hojas alternas, sésiles, abiertas, oblongo-lanceoladas, agudas en el ápice y apenas atenuadas en la base, enteras o con algún diente en la parte superior, glabras, punteada-glandulosas, de 20-40 mm de largo por 4-8 mm de ancho. Capítulos numerosos, cortamente pedunculados, solitarios en las axilas de las hojas superiores formando falsos racimos hojosos. Capítulos masculinos con involucro anchamente acampanado de unos 5 mm de altura; brácteas involucrales ovado-lanceoladas, agudas, ligeramente pubescentes; flores numerosas, con ramas del estilo no separadas. Capítulos femeninos con involucro de 5 mm de altura; brácteas lanceoladas, agudas, pubescentes; flores muchas; aquenios cilíndricos, glabros; papus blanco. Florece en verano.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
28

Usos populares
Es una especie con escasas referencias sobre su uso como planta medicinal; por otra parte su actividad no estaría relacionada con los componentes pertenecientes a la aceite esencial.

Parte usada
Partes aéreas.

Esencia
Se analizaron muestras de partes aéreas provenientes de la zona sur de Uruguay, cosechadas en febrero y marzo. Fueron extraídas utilizando un aparato autogenerador de vapor, en acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con un tiempo de destilación de 2 horas. El rendimiento promedio de aceite esencial fue de 0,42 % (p/p) calculado sobre material seco. El análisis del aceite se realizó por GC (columnas polar y no polar) utilizando Indices de Retención Lineal (con hidrocarburos estándares) y GC-MS (columnas polar y no polar). Los componentes más importantes identificados fueron: α-pineno 4,1%), β-pineno (19,7%), limoneno (10,5%), β-cariofileno (2,5%), germacreno B (4,8%), δ-cadineno (2,3%), nerolidol (11,1%), espatulenol (2,2%) y globulol (15,3%). Se han descripto otros componentes y variaciones en la composición para muestras provenientes de diferentes regiones. La mayor variabilidad se observa en la fracción de alco-

holes sesquiterpénicos y en particular para los contenidos de espatulenol, nerolidol y globulol, lo que podría estar relacionado con una respuesta a diferentes condiciones geográficas o bien al desarrollo de quimiotipos.

Extractos
Se han descripto aplicaciones de extractos con diferentes disolventes y en particular infusiones acuosas.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No descriptos.

Observaciones
El aceite esencial se encuentra estudiado y existe una explotación comercial del mismo, aunque en escala reducida (ver capítulo XIV). No existe un estudio completo acerca de las variaciones en composición encontradas para las diferentes zonas de distribución geográfica. Sin embargo, se trata de una planta cuyas características la hacen adecuada para la obtención de resinoides, y estudios preliminares demuestran la presencia de notas muy interesantes en estos extractos.

Bibliografía
• Boldt, P.E. (1989). *Baccharis (Asteraceae), a review of its taxonomy, phytochemistry, ecology, economic status, natural enemies and the potencial for its biological control in the United States*. USDA, Agricultural Research Service Grassland, Soil and Water Research Laboratory Temple, Texas.
• Burkart, A. (1974). *Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina).* Colección Científica del INTA, Buenos Aires, Argentina. Tomo VI, página 262.
• Correa, J.E. y H.Y. Bernal. (1990) *Especies Vegetales Promisorias de los países del Convenio Andrés Bello*. 11 edición. Ed. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. Tomo V, página 200.
• Girault, L. (1984). *Kallawaya, Guérisseurs itinérants des Andes*. Ed. ORSTOM, Paris, Francia.
• Loayza, I., D. Abujder, R. Aranda, J. Jakupovic, G. Collin, H. Deslauriers y F.I. Jean. (1995). Essential Oils of *Baccharis salicifolia, B. latifolia and B. dracunculifolia. Phytochemistry* 38(2): 381-389.
• Loayza, I., G. Collin, M. Gagnon, H. Deslauriers y E. Dellacassa. (1993). Huiles essentielles de *Baccharis latifolia, B. salicifolia* de Bolivia et de *B. dracunculifolia* en provenance d'Uruguay. Rivista Ital. EPPOS (Numero Speciale), 728-735.
• Queiroga, C.L., A. Fukai y A. J. Marsaioli. (1990). Composition of the Essential Oil of Vassoura. *J. Braz. Chem. Soc.* 1(3): 105-109.

CHIRCA

Nombre científico actualizado
Eupatorium buniifolium Hook. et Arn. (*Compositae*).

Sinonimia botánica
Acanthostyles buniifolium
Eupatorium pinnatifidum DC.

Otros nombres comunes
Chirca, chilca, chirca del campo, romerillo (Bolivia).

Hábitat
Especie que vive en varios países sudamericanos. Muy común en campos del Uruguay.

Descripción de la planta
Arbusto ramificado que se eleva de 1 a 2 m (rara vez puede alcanzar hasta 3 m). Hojas opuestas, lineales, e íntegras unas, pinatisectas con segmentos lineales íntegros otras, largas de 3-6 cm, glabras o con pulverulencia en ambas caras. Capítulos cilíndricos, de unos 5-6 mm de altura, largamente pedicelados y dispuestos en grandes panojas suberectas o colgantes; brácteas de color castaño-rojizo, en 2-3 series, lanceoladas, subagudas. Aquenios de unos 2 mm de largo, negros, glabros o con cortas cilias en sus costillas. Florece en marzo y abril.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
29

Usos populares
No descriptos.

Parte usada
Partes aéreas.

Esencia
Se analizaron muestras de partes aéreas provenientes de la zona sur del Uruguay, cosechadas en febrero y marzo. Fueron extraídas utilizando un aparato autogenerador de vapor en acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con un tiempo de destilación de 2 horas. El rendimiento promedio de aceite esencial fue de 0,20 % (p/p) calculado sobre material seco. El análisis del aceite se realizó por GC (columnas polar y no polar) utilizando Indices de Retención Lineal (con hidrocarburos estándares) y GC-MS (columnas polar y no polar). Los componentes más importantes identificados fueron: α-pineno 14,7%), β-pineno (4,6%), sabineno (2,9%), limoneno (3,2%), terpinen-4-ol (0,1%), acetato de carquejilo (0,1%), β-elemeno (12,2%), β-cariofileno (4,3%), gemacreno D (11,5%), biciclogermacreno (3,0%), β-guaieno (10,1%) y selin-11-en-4-α-ol (1,4%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No descriptos.

Observaciones

Se trata de una planta cuyas características la hacen adecuada para la obtención de resinoides y estudios preliminares demuestran la presencia de notas apreciables en estos extractos. Presentaría una variabilidad importante, a juzgar por resultados obtenidos con material proveniente de Bolivia (Ríos y col., 1995).

Bibliografía

• Lombardo, A. (1983). *Flora Montevidensis*. Ed. Intendencia Municipal de Montevideo, Montevideo, Uruguay. Tomo 2, Gamopétalas, página 66.
• Ríos, J., L. Condori, S. Muñoz, I. Loayza y J. Soriano (1995). The extraction of the essential oil of Romerillo. En *Valorisation de la Biomasse Végétale par les Produits Naturels. Actas del Coloquio de Chicoutimi*, 22 al 25 de agoto de 1993. Ed. CRDI, Canadá, pág. 111-117.

HYPTIS

Nombre científico actualizado
Hyptis floribunda Briq. ex Mich. (*Lamiaceae*), Briquet ex Micheli en Mem. Soc. Phys. Nat. Genéve 32, 10: 18 (1897).

Nombres comunes
No se conocen.

Hábitat
Uruguay, Argentina y Paraguay. En Uruguay se halla en varios Departamentos. En el Departamento de Montevideo se la encuentra en Pajas Blancas y Punta Espinillo.

Descripción de la planta
Hierba arbustiva que puede alcanzar poco más de un metro de altura; de tallos y ramificaciones pubescentes. Hojas de lámina ovada, ovado-triangular, ovado-rómbica, ovado-lanceolada, aguda, irregularmente dentada, larga de 3-7 cm, ligeramente áspera en la cara superior y pubescente-vellosa y pálida en la inferior; pecíolo de 1-2 cm generalmente. Verticilastros paucifloros hasta flores solitarias formando racimos o ya panojas; pedicelos de 5,6 mm. Cáliz campanulado, pubescente, largo de 1 mm alcanzando hasta 2,5 mm en la fructificación, dientes triangulares. Corola lilacina, larga de unos 3 mm. Náculas oblongas, de 1,5 mm poco más o menos de largo, con dos gibas basales en el dorso. Florece en el verano. Vive a orillas de ríos, arroyos y bañados generalmente.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
24

Usos populares
No descriptos.

Parte usada
Partes aéreas.

Esencia
Se analizaron muestras de partes aéreas provenientes de la zona sur del Uruguay, cosechadas en febrero y marzo. Fueron extraídas utilizando un aparato autogenerador de vapor en acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con un tiempo de destilación de 2 horas. El rendimiento promedio de aceite esencial fue de 0,17 % (p/p) calculado sobre material seco. El análisis del aceite se realizó por GC (columnas polar y no polar) utilizando Indices de Retención Lineal (con hidrocarburos estándares) y GC-MS (columnas polar y no polar). Los componentes más importantes identificados fueron: β-bourboneno (3,2%), β-elemeno (2,0%), β-cariofileno (15,9%), germacreno D (13,5%), germacreno A (5,0%), germacreno B (22,9%) y espatulenol (9,5%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Existen ensayos de cultivos en Uruguay como parte del Proyecto COTEPA (Centro de Orientación Técnica y Económica de las Producciones Aromáticas). Se trata de ensayos de domesticación donde el rendimiento estimado alcanzado hasta ahora es de 10.500 kg/ha de material fresco.

Observaciones

Se trata de una especie poco estudiada, cuyo aceite esencial posee notas que han sido evaluadas como interesantes y promisorias para aplicaciones tanto en perfumería como posiblemente en aromaterapia. De acuerdo a la composición publicada para su aceite esencial, parece interesante profundizar en los componentes minoritarios así como en su evolución estacional. Los ensayos de domesticación y cultivo indican su viabilidad como cultivo, si bien los rendimientos en aceite son relativamente bajos.

Bibliografía

• Burkart, A. (1979). *Flora Ilustrada de Entre Rios (Argentina)*, parte V. Colección Cientifica del INTA, Buenos Aires, Argentina.
• Dellacassa, E., D. Lorenzo, L. Mondello y I. Stagno d'Alcontres. (1997). Uruguayan Essential Oils. Part VIII. Composition of Leaf Oil of *Hyptis floribunda (Labiatae). J. Essent. Oil Res*. 9: 523-525 (1997).
• Lombardo, A. (1983). *Flora Montevidensis*. Ed. Intendencia Municipal de Montevideo, Montevideo, Uruguay. Tomo 2, Gamopétalas, página 66.

Especies aromáticas promisorias de la VIII región - Concepción (Chile)

La VIII Región del país, capital Concepción, se encuentra entre los 36° y los 38° de latitud sur y entre los 71° y 74° de longitud oeste, aproximadamente. Comprende Concepción, Ñuble, Arauco y BioBio con una superficie de alrededor de 36.000km^2.

La región se caracteriza por ser una de las más heterogéneas del país, lo que se manifiesta en la gran variedad de microclimas. El clima puede describirse como templado cálido: estaciones secas y lluviosas equiparadas. Concepción, gracias a su situación marítima, ofrece reducidas oposiciones térmicas. El mes más cálido del año es enero con sólo 18°C de promedio, el mes más frío es julio con 9,6°C. En cuanto a las bajas temperaturas, las mínimas invernales sólo por excepción alcanzan 0°C. Los meses húmedos son los que van de abril a septiembre, ambos inclusive. De diciembre a marzo pueden calificarse de secos. No obstante, en los meses de octubre y noviembre se registran algunas precipitaciones de valor no desestimable.

Estas condiciones climatológicas permiten el desarrollo de variedades que son características de la región y hacen posible, al mismo tiempo el crecimiento de vegetales exóticos dentro de un marco de especies forestales y herbáceas.

De primera importancia es el pino insigne (*Pinus radiata* D.Don) que representa para la industria de la celulosa nacional una fuente importante de materia prima leñosa. Por sus plantaciones a la Región del BioBio suele denominársele "el país del pino insigne".

Muy apreciados por su facilidad de adaptación son los representantes del género *Eucalyptus*, entre éstos, la VIII Región cuenta con grandes plantaciones de *E. globulus* Labill.

Alternan con las especies forestales aclimatadas las autóctonas: Peumus boldus Mol. (Boldo). *Drymis winteri* J.R. et G. Forster (Canelo), *Persea lingue* (R. et P.) Nees ex Kopp (LingcccCue), *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Peumo); que crecen en forma espontánea. En otro plano podría señalarse *Aloysia triphylla* (L´Herit) Britton (Cedrón), que de acuerdo a algunos autores es nativo de Chile, Perú y Argentina.

Entre las plantas herbáceas aromáticas nativas espontáneas encontramos por ejemplo a *Sphacele chamaedryoides* (Balbis) Briq. (Salvia) y *Satureja gilliesii* (Grah.) Briq. (Oreganillo). Estas especies y muchas otras representan materias primas interesantes para lograr el máximo provecho y rentabilidad de los productos naturales de la región si se les explota racionalmente. Con tal propósito, nuestras experiencias en el Laboratorio, al investigar estas plantas, se orientan hacia la búsqueda de sus principios o constituyentes químicos que tengan repercusión en la defensa de la salud, bienestar y confort del hombre. El Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Concepción, Chile, desde hace algún tiempo ha estado aportando informaciones respecto al contenido y principales características de esencias provenientes de plantas nativas como también de aquéllas aclimatadas que se desarrollan en nuestro medio.

BOLDO

Nombre científico
Peumus boldus Mol. (Monimiáceas).

Sinónimos
Ruizia fragans R. et P.,
Peumus fragans Pers.,
Boldus chilensis Mol.,
Boldoa fragans (R. et P.),
Boldea boldus (Mol.) Looser.

Otros nombres comunes
Peta, Voldu, Boldu. La palabra boldo deriva probablemente del mapuche “weltún o volitún” que significan hacer germinar o brotar.

Hábitat
Arbol endémico de Chile, crece desde la Provincia de Limarí (IV Región) hasta la provincia de Osorno (X Región).

Descripción de la planta
Arbol que puede llegar a 2 metros de altura y 1 metro de diámetro. Hojas persistentes, simples, de 2,5 a 5 centímetros de largo por 2 a 2,5 centímetro de ancho, coriáceas, aromáticas. Flores unisexuales blanco amarillentas, pequeñas. Fruto una drupa ovoide de 6 a 8 milímetros de largo.

Aspectos generales y usos
Las hojas de boldo eran muy utilizadas por los mapuches para tratar el reumatismo y las luxaciones. Ruiz y Pavón dan a conocer con más detalle su empleo. “La infusión azucarada preparada con las hojas tomada después de las comidas, alivia las indigestiones”. El decocto en agua o vino, aplicado sobre las sienes alivia las cefalalgias, fortifica el estómago, disipa los gases y reconforta los nervios. “Comentan, además que las mujeres “preparaban un remedio con las hojas que aplicaban sobre la región umbilical para disipar las pasiones uterinas”.

Parte usada
Las hojas.

Esencia
La investigación de la esencia de boldo ha sido preocupación del Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Concepción. Se estudiaron las posibles variaciones del contenido en aceite esencial de las hojas en relación al hábitat y período de recolección en las temporadas de verano, otoño, invierno y primavera. Con tal finalidad se recolectaron en distintos lugares de la zona: Alaska (Región del BíoBío, Chile), desembocadura del río Bío Bío y Purén. El análisis estadístico de los datos obtenidos permitieron apreciar que no existen diferencias significativas en los valores del contenido en aceite esencial. Estos fluctúan entre un máximo de 2,5% y un mínimo de 1,5% calculados en base a droga seca. La Farmacopea Francesa establece en la monografía correspondiente al boldo, un contenido mínimo de 2% de esencia.
Vogel y col. (1996) encontraron que esta esencia varía en función de factores extrínsecos (cantidad de luz) e intrínsecos (edad de la planta, sexo, época del año).

En colaboración con la Unidad de Farmacología y Farmacognosia de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona, España, se efectuó el análisis de los componentes del aceite esencial mediante GC y GC-MMS. Los resultados permitieron conocer que la esencia de boldo está constituida por 58,6% de hidrocarburos monoterpénicos, principalmente por 17% de limoneno, 13,6% de p-cimeno, y 8,4% de felandreno. Los monoterpenos oxigenados se encuentran en proporción de 31,9%, entre éstos 1,8-cineol, terpinen-4-ol 5,3%, ? terpineol 5,2%, ascaridol 1%. Hidrocarburos sesquiterpénicos 0,3%. Sesquiterpénicos oxigenados 0,9%, otros 0,1%. En otro trabajo publicado (Miraldi y col., 1996), se indica una composición química singularmente distinta, tanto con esencias obtenidas de plantas cultivadas en Italia como con hojas de origen chileno. Los principales componentes en estos casos son: 1,8-cineol (38,6% y 21,1% para el material italiano y chileno respectivamente), ascaridol (38,6% y 21,3%) y p-cimeno (9,5% y 8,6%).
El aceite esencial de boldo mostró tener actividad sobre *Streptococcus pyogenes, Micrococcus sp.*, *Shigella sonnei y Candida sp.*

Domesticación y cultivo
Chile, exporta anualmente alrededor de 1.000 toneladas/año de hojas secas, especialmente a Argentina, Brasil, Italia, Francia y Alemania. Esta demanda ha llevado a pensar por su cultivo y salvaguardar esta especie del peligro de extinción. El Decreto Ley chileno nº 710 de octubre de 1974 protege la explotación del boldo con el propósito de evitar dañar su productividad. Para explotar las hojas es necesario aprobar un plan de manejo presentado a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y contar con la autorización del Servicio Agrícola Ganadero (SAG). No obstante, existe la recolección ilegal difícil de identificar aunque se presume no causa impacto negativo de este recurso. No existen cultivos organizados de boldo, pero se conocen sus características y requerimientos de desarrollo. Se reproduce por semillas (capacidad germinativa 25%), requiere de sombra, suelo húmedo y abundante riego.
El boldo ha merecido la atención de naturalistas y científicos. Las investigaciones permiten informar que contiene alcaloides (boldina), aceite esencial y heterósidos de flavonoles. En la actualidad los estudios sobre el boldo se orientan al estudio del aceite esencial y del alcaloide boldina.

Observaciones
Durante mucho tiempo, al igual que para otras plantas, la tradición histórica fue la única guía para el empleo del boldo. En la actualidad se conocen los constituyentes químicos y por lo tanto las propiedades de las hojas de este árbol, que se ha convertido en la especie chilena de mayor difusión en el ámbito internacional. Por su conocida acción colerétca y colagoga y hepatoprotectora, el extracto elaborado a partir de las hojas y la boldina, alcaloide aislado de las mismas, se incluyen como componentes de especialidades registradas en varios países del mundo. Forma parte de las monografías de diversas Farmacopeas como las de Alemania, Brasil, España, Portugal y Suiza entre otras, además de la chilena.

Bibliografía
• Backhouse, N., C. Delporte, M. Givernan, B. Cassels, A. Valenzuela, H. Speisky. (1994) Anti-inflamatory and antipiretic efeccts of boldine. *Agents Actions* 42:114-117.
• Cassels, B., H. Speisky. Diseños de métodos para la obtención de boldina y glaucina a partir del boldo para su uso en la industria farmacéutica y de alimentos. *Informe técnico Fontec*, diciembre de 1991.
• Farga, C., J: Lastra, (1988). *Plantas de uso común en Chile*. Paesmi, Santiago de Chile. Vol. 1:20-23.
• Miraldi, E., S. Ferri, G.G. Franchi y G. Giorgi. (1996). *Peumus boldus* essential oil: New consti-

tuents and comparison of oils from leaves of different origin. *Fitoterapia* 67:227-230.
• Montes, M., T: Wilkomirsky (1987) *Medicina Tradicional Chilena*. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile, 120-123.
• Murilllo, A. (1989) *Plantes Medicinales du Chile*. Exposition Universelle de Paris, section chilienne, Paris.
• PROCHILE. *Servicio de Información de Comercio Internacional*.
• Rodríguez, R., O: Matthei, M. Quezada (1983). *Flora Arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile, 265-266.
• Rodríguez, G., R. Rodríguez, H:L: Barrales, (1995) *Chilean Ornamentals Plants*. Editorial Aníbal Pinto S.A., Concepción, Chile, 8.
• Speisky, H., B.Cassels, E. Lissi, L. Videla, (1991). Antioxidants properties of the alkaloid boldine in systems undergoing lipid peroxidation and enzyme inactivation. *Biochemical Pharmacology*, 41(11):1575-1581.
• Vila, R., L. Valenzuela, H. Bello, S. Cañigueral, M. Montes, T. Adzet. (1994)Esencia de *Peunus Boldus* Mol. Constituyentes y actividad antibacteriana. II Simposio Internacional de Química de Productos Naturales y sus Aplicaciones. *Sociedad Chilena de Química*: 452-453.
• Vila, R., L. Valenzuela, H. Bello, S. Cañigueral, M. Montes, T. Adzet. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Peumus boldus leaves. Planta Medica* 65:178-179.
• Vogel, H., I. Razmilic, U. Doll y R. Ruiz. (1996). Variability of some active compounds in Boldo (*Peumus boldus* Mol.). De *Perfum.* & Flav. 23:57 (1998).

LAUREL

Nombre científico
Laurelia sempervirens (R. et P.) Tul. (Monimiáceas).

Sinónimos
Thiga chilensis Mol.,
Laurelia aromatica Juss-ex Poir;
Laurelia serrata Bert.;
Atherosperma sempervirens Baillon.

Laurelia: nombre genérico derivado del laurel. *sempervirens*: siempre verde.

Hábitat
Arbol endémico de Chile, aunque existen citas de su presencia para Argentina (Looser, 1949). Se extiende desde la provincia de Colchagua hasta la provincia de Llanquihue.

Descripción de la planta
Arbol que alcanza hasta 40 metros de alto. Hojas persistentes, simples coriáceas, aromáticas. Flores amarillo verdosas. Fruto formado por aquenios libre, densamente pubescentes (vilano).

Usos populares
La medicina emplea las hojas, flores y cortezas en diversas dolencias: resfriados y enfermedades venéreas.

Parte usada
Las hojas.

Esencia
Por destilación de las hojas en corriente de vapor de agua, se analizaron muestras recolectadas en el período de agosto a diciembre. El más alto rendimiento corresponde al mes de octubre 1,8% v/p. La cromatografía gaseosa (columna no polar), resonancia magnética nuclear y espectro de masa, permitieron identificar como componentes mayoritarios: safrol y eugenol. El porcentaje máximo de safrol es de 91% en el mes de diciembre y trazas de eugenol, en cambio en noviembre baja el contenido de safrol a 67%, encontrando un valor de 17% para el eugenol. Un mayor contenido de safrol coincide con la presencia de trazas de eugenol y al disminuir la cantidad de safrol, aumenta la proporción de eugenol.

Observaciones
El alto contenido de safrol de la esencia es una señal de advertencia para limitar el empleo en medicina popular de la infusión preparada con hojas de laurel. Estudios realizados por otros investigadores permiten detectar efectos carcinogénicos en animales de experimentación.

Bibliografía
• Hoffmann, J.A. (1982). *Flora Silvestre de Chile. Zona Austral*. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile, páginas 60-61.
• Montes, M.; L. Valenzuela, T. Wilkomirsky. (1990). Safrol: constiuyente principal de la esencia de *Laurelia sempervirens* (R. et P) Tul. Región del BíoBío, Chile. *An. Real. Acad. Farm*. 56(1):49-54.
• Rodríguez, R.; O. Matthei, M. Quezada. (1983). *Flora Arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción. Chile. Páginas 185-187.
• Rodríguez, G.; R. Rodríguez, H.L. Barrales (1995). *Chilean Ornamental Plants*. Editorial Aníbal Pinto S.A., Concepción, Chile. Página 28.

MELI

Nombre científico
Amomirtus meli (Phil.) Legr. et Kausel (Mirtáceas).

Sinónimos
Pseudocaryophyllus meli (Phil.) Burret.

Hábitat
Arbol endémico de Chile, se encuentra desde la Provincia de Arauco (VIII Región) hasta la Provincia de Chiloé (X Región), en ambas cordilleras.

Descripción
Arbol de hasta 20 metros de alto, hasta 60 centímetros de diámetro, hojas persistentes, coriáceas, glabras, aovadas a aovadolanceoladas. Flores blancas. Fruto una baya redondeada, negro-violácea en la madurez.

Usos populares
En etnomedicina se emplean para disminuir el colesterol sanguíneo.

Esencia
Se obtuvo por hidrodestilación con trampa tipo Clevenger, a partir de las hojas recolectadas en Osorno y Chiloé, con un rendimiento del 1,3% y 1,1%, respectivamente. Se identificaron las cetonas fenilpentan-3-ona y fenilhexan-3-ona, por cormatografía de gases acoplada a la espectrometría de masa (CG-MS) para ambas esencias (Osorno y Chiloé). Estos resultados fueron confirmados por RNM-C^{13}. Cuantitativamente, la esencia procedente de Osorno contiene 21,46% de fenilpentan-3-ona y 67,5% de fenilhexan-3-ona (88,9% de la esencia) y 30,9% y 63,4% respectivamente (94,3% de los componentes) de las de hábitat Ancud.
Las dos muestras del aceite esencial muestran actividad antibacteriana débil. Es más activo contra *Escherichia coli* y *Bacillus subtili*.

Observaciones
La presencia mayoritaria de los compuestos cetónicos en la esencia de Meli, le confiere una connotación muy especial, por cuanto esta composición no la encontramos en otros aceites esenciales. Desde este punto de vista, representa un desafío para continuar su estudio y derivar sus posibles aplicaciones.

Bibliografía
• Araneda, P., M. Montes, S. Cañigueral, T. Wilkomirsky, E. Pastene, H. Bello. (1997). *Aceite esencial Amomyrtus meli (Phil.) Legr. et Kausel*. Tesis para optar al título de Químico-Farmacéutico, Universidad de Concepción. Chile.
• Rodríguez, G., R. Rodríguez, H.L. Barrales, *Chilean Ornamental Plants*, Editora Aníbal Pinto S.A., Concepción, Chile. Página 40.
• Rodríguez, R., O. Matthei, M. Quezada (1983) *Flora Arbórea de Chile*, Editorial de la Universidad de Concepción. Páginas 61-63.

OREGANILLO

Nombre científico
Satureja gilliessii (Grah.) Briq. (Lamiáceas).

Otros nombres populares
Menta de árbol.

Hábitat
Terrenos asoleados tanto en el litoral como al interior, desde Coquimbo a la Araucanía. Especie de origen chileno.

Descripción
Arbusto de 0,8 a 1,5 metros de altura. Hojas de forma oblonga, borde entero de 1,2 a 1,4 centímetros de largo. Flores de 2 a 2,5 centímetros de longitud en verticilos de 4 a 6 unidades. Fruto: nuececitas redondas.

Usos populares
En etnomedicina se utiliza como estimulante. Se le atribuyen propiedades afrodisíacas.

Parte usada
Las hojas.

Esencia
Se obtiene por arrastre con vapor de agua a partir de las partes aéreas de plantas de recolección reciente. La determinación del contenido de aceite esencial se lleva a cabo en el período comprendido entre abril a diciembre. Los rendimientos varían entre 0,5% v/p (abril) y 0,2% v/p (octubre). Por cromatografía gaseosa se identificaron: ??pineno 5,5%; canfeno 0,07%; βpineno 35,0%; limoneno 1,5%; p cymol 10%; felandreno 0,2%; borneol 4,0%; citronelol 0,2%; linalol 0,7%; ??terpineol 3,4%; neral y geranial 3,3%, anetol 1,4%; eugenol etílico 1,8%; isosafrol 0,9%.

Bibliografía

• Hoffmann, A. (1988). *Flora Silvestre de Chile*. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago de Chile, Página 226.
• Montes, M., L. Valenzuela, T. Wilkomirsky y M. Arrivé. (1975). Quelques constituants de l'huile essentielle de *Satureja gilliessii* (Grah.) Briq. *Annales pharmaceutiques francaises*: 707-709.

PEUMO

Nombre científico
Cryptocarya alba (Mol.) Looser (Lauráceas).

Sinónimos
Peumus rubra Mol.;
Peumus mamosa Mol.;
Laurus peumo R. et P.;
Cryptocarya peumus Nees.;
Icosandra rufescens Phil.;
Cryptocarya stenantha Phil.;
Cryptocarya peumus Nees var. *laxiflora* Phil. ex Mez.;
Cryptocarya rubra (Mol) Skeels.;
Cryptocarya peumo (Domb. ex Lam.);
Crytocarya mamosa (Mol.) Kostern.

Otros nombres populares
Pegu, peugu.

Hábitat
Arbol endémico de Chile. Crece desde el sur de la Provincia de Limarí (IV Región) hasta la Provincia de Cautín (IX Región), especialmente en ambas cordilleras de las provincias centrales hasta los 1.500 m.s.n.m.

Descripción
Arbol de hasta 20 metros de altura y 1 metro de diámetro. Hojas persistentes, aromáticas, de 1,5 centímetros de largo por 1,5 a 4,5 centímetros de ancho. Flores verdosas, pequeñas, fruto drupáceo, de color rojo a rosado en la madurez.

Usos populares
La medicina popular emplea principalmente las hojas como infuso en afecciones al hígado. Los baños preparados con la corteza se indican para tratar el reumatismo y para lavar heridas. El fruto es comestible.

Parte usada
Las hojas.

Esencia
Obtención por destilación con vapor de agua de las hojas frescas. El dosaje se efectuó en el período de mayo a enero. Los rendimientos varían entre 1,6% v/p (agosto) y 3,9 v/p (julio). El rendimiento medio fue de 0,3% v/p. Por cromatografía gaseosa y cromatografía de gases - espectrometría de masa, se identificaron: Hidrocarburos 25,4%, alcoholes 33,8%, compuestos carbonílicos 18,3%, ésteres 8,5%, ácidos 4,2%, fenoles 5,6%, óxidos 1,4%, éteres 2,8%. Se identificaron además algunos componentes: p-cymol 7,3%; cineol 6,6%; α pineno 3,8%; β pineno 2.1%; borneol-terpineol 3.1%.

Bibliografía

• Hoffmann, A., *Flora Silvestre de Chile* (1982). Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile, 64.
• Montes, M., L. Valenzuela, T. Wilkomirsky, A. Sanguinetti y D. von Baer, (1988). Etude de la Composition Chimique de I´huile essentielle de *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Lauraceae) du Chili. *Ann. Pharmaceutiques françaises* 46 (1):41-47.
• Rodríguez R., O. Matthei y M. Quezada, *Flora Arbórea de Chile* (1983). Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. Páginas 115 - 117.
• Rodríguez, G., R. Rodríguez y H.L. Barrales, (1995). *Chilean Ornamental Plants*. Editorial Anibal Pinto S.A, Concepción, Chile. Página 46.

SALVIA

Nombre científico
Sphacele chamaedryoides (Balbis) Briq. (Lamiáceas).

Sinónimo
Lepechinia chamaedryoides (Balbis) Epl.

Otros nombres populares
algue - lahuen.

Hábitat
Planta nativa que crece habitualmente mezclada con otros arbustos en los cerros asoleados de la cordillera de la costa, entre Valparaíso y Valdivia.

Descripción
Arbusto muy ramoso, de 1,5 a 2 metros de altura, con ramas delgadas, cubierta de pelos, cuando jóvenes. Hojas oblongo-elípticas, atenuadas hacia la base, verde brillantes y arrugadas en la cara superior, blancas por el envés. Flores de tono gris azulado. Fruto seco formado por cuatro nuececitas negras de 4 milímetros de diámetro cada una.

Usos populares
Es muy utilizada en etnomedicina como emenagoga y de uso tópico en parálisis.

Parte usada
Las hojas.

Esencia
Se extrae por hidrodestilación de las partes frescas aéreas, recolectadas en Tomé (Concepción). De acuerdo a esta técnica operatoria se obtiene 0,2% v/p de aceite esencial. Los resultados permiten conocer que el aceite esencial se compone de 37,5% de hidrocarburos monoterpénicos, entre otros, en un sentido mayoritario 13% de β felandreno, 6% de limoneno, 5,3% de careno, 3,8% de mirceno, 2,7% de felandreno, monoterpenos oxigenados en proporción de 5,1% con 1,8% de pulegona; 0,6% de linalol, 0,5% de terpinen-4-ol, 0,4% de α terpineol, 0,4% de estragol. Hidrocarburos sesquiterpénicos 24,2%: con 10,3% de β cariofileno, cadineno 5,9%; longifoleno 1,8%; β cubebeno 1,6%; cupaeno 1,5%; sesquiterpenos oxigenados 26,4%; 10,4% de T-cadinol; spatulenol 6,4% globulol 2,9%; cariofileno óxido 2,6% cubenol 1,8%. Otros constituyentes : 1,3%; 1-octen-3-ol; 3-octanona, 3-octanol. Se ha identificado el 90% de los constituyentes del aceite esencial (65 componentes).

Bibliografía
• Hoffmann, A., C. Farga, J. Lastra y E. Veghazi (1989). *Plantas Medicinales de uso común en Chile*. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago de Chile. Página 216.
• Valenzuela, L., R. Villa, S. Cañigueral y T. Adzet (1992) The essential oil of *Sphacele chamaedryoides*. (Balbis) Briq. Planta Medica, 58 (3):273-274.

Especies aromáticas promisorias de Colombia

ACEITE DE CAPARRAPI

Nombre científico actualizado
Ocotea caparrapi (Nates) Dugand (*Lauraceae*).

Sinonimia botánica (Rohwer, 1986)
Nectandra caparrapi Sandino ex Nates
Oreodaphne oleifera Posada

Otros nombres comunes (De Díaz, 1991; Gupta, 1995)
Palo de aceite, aguarrás, aceite Amacey, aceituno, comino (Colombia).

Hábitat
Colombia.

Descripción de la planta
Arbol frondoso de unos 20 m de altura; hojas glabras, alternas, lanceoladas; inflorescencia terminal en racimo compuesto; flores dioicas con anteras adnatas, receptáculo corto; fruto en baya con cáliz leñoso.

Puntaje según protocolo 1 del Proyecto
32

Usos populares (Palomino, 1996; Gupta, 1995)
La resina extraída de la madera es usada contra picadura de insectos, mordedura de serpientes, úlceras de la piel y gonorrea; también ha sido usada para tratar bronquitis, laringitis y tumores cancerosos.

Parte usada
Resina (medicina popular). No se conocen los usos del aceite esencial de las hojas, corteza y madera.

Esencia (De Díaz, 1991; De Díaz, 1997)
El aceite esencial obtenido por hidrodestilación, durante tres horas, en un aparato Clevenger modificado dio un rendimiento de 1,0% V/P para la madera (ηD^{25} 1,5350; d^{20} 1,064), 1,4% V/P para la corteza (ηD^{25} 1,5239; d^{20} 1,026) y 0,3% V/P para las hojas (ηD^{25} 1,4679; d^{20} 1,049).[FC1]
Madera: El aceite esencial fue sometido a cromatografia en columna (sílica gel) y eluido con éter de petróleo. Se aislaron miristicina y O-metil eugenol los cuales fueron identificados por métodos espectroscópicos (RMN, IR, UV y EM) (De Díaz, 1991). Otra muestra del aceite fue analizada por CG (FID, Columna HP-1) y CG/EM [Columna HP-5; MSD (70eV)]. Por este medio fueron identificados: safrol(0,5%), O-metileugenol(41,6%), 3,4-dimetoxibenzaldehido (0,5%), 3-metoxi-4,5-metilendioxialilbenceno (23,4%), 3,4,5-trimetoxialilbenceno (6,8%), farnesol (0,6%), viridiflorol (0,4%), calareno (1,3%), ß-eudesmol (0,3%), benzoato de bencilo (0,9%), 3,4-dimetoxi-cinamaldehido (4,3%).
Corteza: El aceite esencial fue fraccionado sobre columna cromatográfica (sílica gel) y eluido con n-hexano. Se aislaron e identificaron por métodos espectroscópicos (RMN, IR, UV, EM): 3,4,5-tri-

metoxialilbenceno (elemicina), 3-metoxi-4,5-metilendioxialilbenceno (miristicina), 3,4-dimetoxialilbenceno (O-metileugenol), trans-3,4-dimetoxicinamaldehido, trans-3,4,5-trimetoxicinamaldehido, *trans*-3-metoxi-4,5-metilendioxicinamaldehido y 3,4-dimetoxi-benzaldehido (De Díaz, 1991).

Otra muestra del aceite esencial fue analizada por CG (FID, Columna HP-1) y CG/EM [Columna HP-5, MSD (70 eV)] (De Díaz, 1999) y fueron identificados: 1,8-cineol (0,7%), α-terpinoleno (0,7%), alcanfor (1,2%), propionato de linalilo (0,6%), α-cubebeno (0,3%), α-copaeno (0,7%), O-metileugenol (48,7%), 3,4-dimetoxibenzaldehido (2,0%), (-)-α-muuroleno (0,2%), γ-cadineno (0,8%), 4-isopropil-1,6-dimetil-1,2,3,4-tetrahidronaftaleno (0,2 %), elemol (0,3%), 3,4,5-trimetoxialilbenceno (0,7%), (+)-aromadendreno (3,2%), 4-isopropil-1,6-dimetil-1,2,3,4,4a,7-hexahidronaftaleno (0,2%), calareno (5,9%), ß-eudesmol (4,2%). 4-isopropil-1,6-dimetilnaftaleno (1,3%), 4-isopropil-6-metil-1,2,3,4-tetrahidonaftaleno (0,1%), 3,4-dimetoxibenzaldehido (0,1 %), benzoato de bencilo (1,6%), 1-isopropil-4,7-dimetil-1,2,4a,5,6,8a-hexahidronaftaleno (0,6%), 3,4-dimetoxicinamaldehido (7,0%), ácido 3,4-dimetoxicinámico (0,6 %), ácido 3-nitro-1,2-bencenodicarboxílico (0,4%).

Hojas: El aceite esencial fue analizado por CG (FID, Columna HP-1) y CG/EM [Columna HP-5, MSD (70 eV)] (De Díaz, 1999) y se identificaron: metilbenceno (0,1%), (-)-α-pineno (0,5%), sabineno (1,0%), eucaliptol (14,3%), *cis*-p-2-menten-1-ol (0,2%), α-terpinoleno (0,4%), propionato de linalilo (2,2%), 2-metilbutanoato de cis-3-hexenilo (0,2%), 4-isopropilbenzaldehido (0,1%), α-cubebeno (0,6%), α-copaeno (2,7%), ß-cubebeno (0,2%), O-metileugenol (0,4%), trans-cariofileno (0,6%), (+)-aromadendreno (0,2%), ß-selineno (1,7%), γ-cadineno (0,6%), α-muuroleno (0,2%), ß-bisaboleno (0,2%), δ-cadineno (1,0%), 1,5,7-trimetil-1,2,3,4-tetrahidronaftaleno (0,5%), veridiflorol (3,6%), óxido de cariofileno (2,1%), calareno (13,7%), ß-guaieno (1,6%), ß-eudesmol (12,7%), 4-isopropil-1,6-dimetilnaftaleno (0,8%), (+)-oxo-α-ylangeno (1,2%), calareno (2,9%), (-)-aristoleno (2,6%), γ-selineno (2,6%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo

Arbol cultivado en pequeña escala en Caparrapí, Cundinamarca, Colombia.

Observaciones

El único componente de la resina, con actividad terapéutica comprobada es el hidrocarburo sesquiterpénico caparratrieno (Palomino, 1996). La resina tiene amplia aplicación en medicina popular y sus constituyentes reportados son en su mayoría sesquiterpenos (Palomino, 1996; Brooks, 1969; Borges del Castillo, 1966). La composición química de la resina difiere de la obtenida por hidrodestilación de las hojas, la corteza y la madera de esta planta (De Díaz, 1991; De Díaz, 1997). El cultivo de este árbol es promisorio tanto por la abundancia como por el olor típico de los aceites obtenidos por hidrodestilación los cuales podrían explotarse en perfumería.

Bibliografía

• Borges del Castillo, J., C. J. W. Brooks, y M. M. Campbell. (1966). Caparrapidiol and Caparrapitriol: Two new acyclic Sesquiterpene alcohols. *Tetrahedron Letters* (31):3731-3736.
• Brooks, C. J. W. y M. M. Campbell. (1969). Caparrapi oxide, a sesquiterpenoid from caparrapi oil. *Phytochemistry* (8):215-218.
• De Díaz, A. M. P., P. P. Díaz, y P. Joseph-Nathan. (1991). C6.C3 and C6.C1 Metabolites from the essential oil of the wood bark of *Ocotea caparrapi*. *Rev. Latinoamer. Quim*. 22(3):60-62
• De Díaz, A. M. P. y E. Stashenko. (1997). Composición del aceite esencial de la madera, corteza y hojas de *Ocotea caparrapi*. *Memorias - WOCMAP II. II Congreso Mundial de Plantas Aromáticas y Medicinales para el Bienestar de la Humanidad, Mendoza, Argentina, Noviembre 10-15.*

• De Díaz, A. M. P. y E. Stashenko. (1999). *Constituyentes del aceite esencial de la madera, corteza y hojas de* Ocotea caparrapí. Trabajo no publicado.
• Gupta, M. P. (Editor). (1995). 270 *Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Convenio Andrés Bello-CYTED-SECAB. Talleres de Editorial Presencia Ltda., Santafé de Bogotá, Colombia, página 337.
• Palomino, E. y E. Maldonado. (1996). Caparratriene, an active Sesquiterpene Hydrocarbon from *Ocotea caparrapi*. J. Nat. Prod. 59(1):77-79.
• Rohwer, J. G. (1986) Prodromus einer Monographie der Gattung *Ocotea* Aubl. (*Lauraceae*), sensu lato. *Mitteilungen aus dem Institut fur Allgemeine Botanik Hamburg.* 20:106.

ANISILLO

Nombre científico actualizado
Piper auritum (C. D. C.) (*Piperaceae*).

Otros nombres comunes
Cordoncillo (Colombia), Santa María (Colombia y México), candela de Ixote (Salvador), matarro (Honduras).

Hábitat
Centro, Sur de América. Prospera en áreas perturbadas o en bosques secundarios entre 300 y 800 m de altitud.

Puntaje según protocolo 1 del Proyecto
38

Usos populares
En Colombia en algunas regiones azucareras, los frutos son utilizados como saborizantes especialmente de la panela, en reemplazo del anís; en el Pacífico se usan las hojas en infusión, como analgésicas y antirreumáticas. En Honduras y México se utilizan las hojas y los frutos como condimento para carnes o en ensaladas y en El Salvador la savia es empleada para remover ácaros.

Parte usada
Hojas.

Esencia
Safrol, canfeno, limoneno, alcanfor, eugenol, miristicina (Saez, 1998). El aceite esencial extraído por hidrodestilación de las hojas dio un rendimiento de 2,2% V/P. El análisis por CG y por CG-EM y la separación e identificación del compuesto mayoritario permitió la identificación de safrol en una proporción del 90% (Delgado, 1999).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Es cultivada en huertos caseros como especie para uso en alimentación o en medicina.

Observaciones
El extracto en acetato de etilo de las raíces presentó una actividad moderada sobre el control del chinche de los pastos Collaria aff.. oleosa (Miridae) (Sáez, 1998).

Bibliografía
• Caballero, M. (1995) *La Etnobotánica en las comunidades negras e indígenas del delta del Río Patía*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
• Delgado, W., Stashenko, E. y De Díaz, A. M. P. (1999). Trabajo no publicado.
• Sáez, J., Granados, H., Escobar, G., Cardona, W., Atehortua, L., Callejas, R.., Cortés, D. y González, C. (1998) Piperlonguminina y estigmasterol, compuestos de raíces y tallos de *Piper auritum*, Actividad insecticida de extractos. *Revista Colombiana de Química* 27(1):77.

CORDONCILLO

Nombre científico actualizado
Piper aduncum L. (*Piperaceae*).

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Piper celtidifolium H. B. K.,
P. fatoanum C. D. C.,
P. aduncum var. laevifolium C. DC.,
P. elongatum var. laevifolium Trel.,
P. intersitum Trel.,
P. intersitum var. porcecitense Trel.,
Artanthe adunca Miq.,
A. celtidifolia Miq.,
A. steffensia adunca Kunth,

Otros nombres comunes
Platanillo de Cuba (Cuba).

Hábitat
India, Centro y sur de América. Climas templados y cálidos.

Descripción de la planta
Arbusto de 2-3 m de alto; hojas aspérrimas, opacas, elípticosubobadas, acuminadoagudas (9-11,5 cm de largo por 4,5-7 cm de ancho), color verde oscuro por el haz y verde claro por el envés; frutos pequeños, obovoides, más o menos tri o tetragonales, glabros; 3 estigmas, sésiles; inflorescencia de 8,5 cm de largo por 6,4 mm de ancho, pedúnculo de 9 mm de largo.

Puntaje según protocolo 1 del Proyecto
26

Usos populares
Tónico en disenterías y hemostático (Colombia), diurético, carminativo, estimulante, digestivo, antiulceroso y contra dolores de muela (Brasil).

Parte usada
Hojas.

Esencia
El aceite esencial de las hojas frescas, obtenido por hidrodestilación (rendimiento 0,8% V/P, d^{20} 0,9796, (η^{25} 1,5040) fue separado sobre columna (sílica gel) y eluído con éter de petróleo, diclorometano y cloroformo puros y en mezclas de polaridad creciente. Los compuestos aislados fueron identificados por métodos espectroscópicos (IR, UV, NMR y EM) como dilapiol, miristicina y piperitona (Díaz, y col., 1984).
Otra muestra de hojas de *P. aduncum* (De Díaz, 1999) sometida a hidrodestilación dio 0,9% V/P. El aceite fue sometido a análisis por CG (Columna DB-1, FID) y CG/EM (Columna HP-5, Detector MSD). Se identificaron piperitona (6,1%), copaeno (0,3%), *trans*-cariofileno (2,2%), (+)-aromadendreno (0,5%), acetato de linalilo (0,2%), dispiro[3.0.3.1]nonano (0,4%), *cis*-cariofileno

(0,4%), 2,5-dimetil-3-metilen-1,5-heptadieno (0,8%), cadineno (0,9%), δ-cadineno (1,11%), 3,4,5-trimetoxipropenilbenceno (0,3%), 3,7,11-trimetil-1,6,10-dodecatrien-3-ol (0,3%), 1,2-dihidro-1,1,6-trimetilnaftaleno (0,3%), apiol (32,2%), 2-isopropil-5-metil-9-meten-biciclo [4.4.0] dec-1-eno (0,9%), 2,3-dimetoxi-4,5-metilendioxialilbenceno (44,5%)

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No reportados.

Observaciones
El dilapiol es reportado como el constituyente mayoritario (58%) de la P. aduncum L. de la Península de Malasia (Bin-Jantan, 1994), y en un 90% en P. aduncum L. de Panamá (Gupta, 1983).

Bibliografía

• Bin-Jantan, I., A. Rashih-Ahmad, A. Salid-Ahmad y N. A. Mohd-Ali (1994). A Comparative Study of the essential oils of five *Piper* species from peninsular Malaysia. Flavour Fragr J. 9(6):339-342.
• De Díaz, A. M. P. (1996). Estudio de dos especies de *Magnoliidae* del Bosque Yotoco, su química y sus posibilidades de Aprovechamiento Industrial. *Memorias II Seminario sobre Plantas Medicinales y Aromáticas -Herbario José Cuatrecasas Arumi "Valle"*, Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Valle) Colombia, Septiembre 11-13 .
• Díaz, P. P., E. Maldonado y E. Ospina. (1984). Aceite esencial de *Piper aduncum*. *Rev. Latinoamer. Quim*. 15(3):136-138.
• Díaz, A. M. P. y Stashenko, E. (1998). Datos sin publicar.
• Gupta, M. P. (Editor). (1995). *270 Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Convenio Andrés Bello-CYTED-SECAB. Talleres de Editorial Presencia Ltda., Santafé de Bogotá, Colombia, página 434-435.
• Gupta, M. P. y T. D. Arias. (1983). The composition of the essential oil of *Piper aduncum* L. from Panamá. *Rev. Latinoamer. Quím.* 14:36-37.
• Trelease, W. y T. G. Yuncker. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo I, página 247-249.

CORDONCILLO AROMATICO

Nombre científico actualizado
Piper lenticellosum C. D. C. (*Piperaceae*)

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Piper glanduligerum C, DC.,
P. pallidirameum C. DC.,
P. pallidirameum var. *subcrassifolium*,
P. pallidirameum var. *sublongirameum* C. DC.,
P. colombianum C. DC.,
P. crassinervium H. B. K. var. *Hartwegianum* C. DC.,
P. nieblyanum C. DC.

Otros nombres comunes
Cordoncillo oloroso.

Hábitat
Colombia y Ecuador.

Descripción de la planta
Arbusto de unos 3 m de altura, muy ramificado, no presenta simetría en la distribución de sus ramas, tiene internudos superiores cortos y delgados de color amarillo verdoso. Hojas de forma lanceolada - elíptica de 2,5 a 8,5 cm de ancho, por 10 a 14 cm de largo; el ápice de éstas es puntiagudo y afilado; las nervaduras ascienden y se unen en la parte superior de la hoja, mientras que en la parte inferior se hallan entrecruzadas y en anastomosis. El pecíolo mide entre 3 y 5 mm de largo y los pecíolos más largos se incrustan en las hojas. Fruto piramidal, harinoso, suave o ligeramente pulverulento; sus estigmas son pequeños.

Usos populares
En Colombia se emplea en infusiones o en polvo para el tratamiento de afecciones dermatológicas; mezcladas con sal detienen diarreas y eliminan parásitos intestinales. Antihelmíntico, antiflogístico y bactericida.

Parte usada
Hojas.

Puntaje según Protocolo 1 del Proyecto
38.

Esencia
Las hojas frescas fueron sometidas a hidrodestilación en un aparato Clevenger modificado con un rendimiento de 3% V/P [d^{20} 1,213 y ηD^{25} 1,4970]. La separación de sus constituyentes mayoritarios se hizo por cromatografía en capa fina preparativa usando Sílica HF_{254} y benceno como fase móvil. Los componentes aislados e identificados por métodos espectroscópicos fueron: elemicina, isosafrol, O-metileugenol, 2-metoxi-4,5-metilendioxialilbenceno y 3,5-dimetoxitolueno (Díaz, 1986). Del aceite esencial de las hojas se aisló aldehido cumínico y 1,3-p-mentadien-7-al (Rodríguez, 1981).

Extractos

La parte soluble en benceno-cloroformo del extracto etanólico del tallo de *P. lenticellosum* fue sometida a cromatografia en columna usando sílica gel como adsorbente y éter de petróleo, benceno y cloroformo puros y en mezclas de polaridad creciente como eluentes. Se aislaron e identificaron por métodos espectroscópicos los siguientes compuestos: 2-metoxi-4,5-metilendioxialilbenceno, O-metileugenol, 2,4,5-trimetoxialilbenceno, elemicina, 2-metoxi-4,5-metilendioxibenzaldehido y *trans*-2-metoxi-4,5-metilendioxicinamaldehido (Díaz, 1986).

Trabajos sobre domesticación o cultivo

No reportados.

Obsevaciones

El aceite esencial de las hojas presenta acción relajante y paralizante sobre la lombriz de tierra (Andriodilus bogotensis)(Rodríguez, 1981).

Bibliografía

• Díaz, D., P. y J. Dorado. (1986). Constituyentes químicos de las hojas de *Piper lenticellosum* C. D. C., *Rev. Latinoamer. Quím*. 17(1-2):58-60

• Díaz, P. P., B. C. Ramos y G. E. Matta. (1986). New C_6-C_3 and C_6-C_1 compounds from Piper lenticellosum. J. Nat. Prod. 49(4):690-691.

• Rodríguez, J. y Suárez, Y. A. (1981) *Estudio fitoquímico del aceite esencial de* Piper lenticellosum C. DC. *Segunda parte y determinación de la actividad del aceite sobre la motilidad de la lombriz de tierra (Andiodrilus bogotensis).*

• Trelease, W. y T. G. Yuncker. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo I, página 88-89.

MATICO

Nombre científico actualizado
Piper divaricatum Meyer (*Piperaceae*).

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Piper praemorsum Rottb.
Piper nitidum Vah

Hábitat
Surinam, Guyana Inglesa, Región Amazónica, Chocó-Colombia.

Descripción de la planta
Arbusto glabro; tallo nudoso; entrenudos cortos; hojas suboblongas-lanceoladas; ápice acuminado o subacuminado; 4 a 6 nervaduras a cada lado; peciolo de 10 a 15 mm brácteas redondeadas o triangulares-subpeltadas; frutos obovoides; estigmas sésiles.

Usos populares (Avella, 1994)
Insecticida.

Parte usada
Parte aérea de la planta.

Esencia (De Díaz, 1990; De Díaz, 1999)
El aceite esencial de hojas frescas fue extraído por hidrodestilación en un aparato Clevenger modificado durante cuatro horas y se obtuvo un rendimiento de 1,8% V/P. Constitución química: α-pineno (0,4%), ß-mirceno (0,1%), 1,8-cineol (0,6%), 3,7-dimetil-1,3,6-octatrieno (0,2%), *trans*-ocimeno (1,8%), δ-elemeno (0,2%), eugenol (0,4%), α-copaeno (0,3%), O-metileugenol (2,9%), *trans*-cariofileno (2,6%), ß-selineno (1,6%), (+)-aromadendreno (0,4%), ß-cubebeno (1,3%), α-selineno (2,3%), 2,4-diisopropenil-1-metil-1-vinilciclohexano (3,3%), ?-cadineno (0,5%), 4-hidroxi-3,5-dimetoxialilbenceno (1,0%), O-metileugenol (10,8%), 3,4,5-trimetoxialilbenceno (38,7%), ácido-3-hidroxi-4-metoxicinámico (0,2%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No reportados.

Bibliografía
• Avella, E., P. P. Díaz y A. M. P. De Díaz (1994). Constituents from *Piper divaricatum*. *Planta Medica* 60(2):195.
• De Díaz, A. M. P. y P. P. Díaz (1990). Compuestos $C_6.C_3$, $C_6.C_1$ y terpenos de dos especies de *Piper*. *V Congreso Latinoamericano de Botánica, La Habana, Cuba*, junio 29 - Julio 4.
• De Díaz, A. M. P. y E. Stashenko (1999). Trabajo no publicado.
• Trelease, W. y Yuncker, T. G. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo I, páginas 227-228.

MATICO

Nombre científico actualizado
Piper artanthe C. DC. (*Piperaceae*).

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Artanthe Lindeniana Miq.,
Piper Goudotii C. DC.,
P. apollinaris C. DC.,
P. furiae var. *cundinamarcense* Trel,
P. carolinianum Trel.

Hábitat
Colombia entre 2.000 y 3.000 m de altura.

Descripción de la planta
Arbusto densamente ramificado, de 1 - 2 m de alto; hojas elíptico-lanceoladas u ovadas de 3-5 cm de ancho por 6-10 cm de largo, con 5 a 6 nervaduras en cada lado, superficie rugosa, hirsuta, subcoriácea; ápice acuminado, base esencialmente equilateral, peciolo corto. Frutos glabros; estigmas 3.

Usos populares
Para tratamiento de heridas infectadas.

Parte usada
Tallos y hojas.

Esencia (Avella, 1998a)
Hojas y tallos frescos fueron sometidos a hidrodestilación. El aceite esencial obtenido (0,76% V/P, d^{20} 0,9510, ηD^{25} 1,5052) fue sometido a análisis por CG (Columna DB-1, Detector FID) y CG/EM (Columna HP-5, Detector MSD) obteniéndose tricicleno (0,4%), artemisiatrieno (1,0%), sabineno (0,3), careno (0,2%), o-cimeno (0,2%), silvestreno (0,5%), γ-terpineno (0,6%), α-terpinoleno (0,2%), linalol (0,1%), δ-elemeno (11,7%), α-cubebeno (0,9%), ciclosativeno (0,4%), isoledeno (0,1%), α-copaeno (2,3%), ß-cubebeno (1,2%), ß-elemeno (1,4%), (E)-cariofileno (10,2%), ß-funebreno (0,4%), α-santaleno (0,8%), (+)-aromadendreno (1,2%), α-guaieno (0,3%), cis-4(14)-5-muuroladieno (2,1%), γ-muuroleno (2,3%), ß-selineno (0,2%), epi-cubebol (8,9%), *trans* ß-guaieno (2,9%), γ-cadineno (3,1%), cubebol (6,3%), miristicina (2,6%), δ-cadineno (2,4%), 1,4-cadinadieno (0,6%), α-calacoreno (0,1%), elemiina (0,1%), germacreno B (0,1%), D-germacren-4-ol (0,2%), (-)-espatulenol (0,3%), óxido de cariofileno (0,4%), hinesol (0,2%), cubenol (0,6%), α-muurolol (0,2%), kongol (1,1%), apiol (14,5%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No reportados.

Bibliografía
• Avella, E. y A. M. P. De Díaz (1998). Constituyentes del aceite esencial de tallo y hojas de aceite esencial de tallo y hojas de *Piper artanthe. XI Congreso Colombiano de Química, Bucaramanga*, 6-10 Septiembre.
• Avella, E. y A. M. P. De Díaz (1998a). *Constituyentes del aceite esencial de tallo y hojas de aceite esencial de tallo y hojas de Piper artanthe*. Trabajo no publicado.

MATICO

Nombre científico actualizado
Piper chiadoense Yuncker (*Piperaceae*).

Hábitat
Antioquia (Colombia).

Descripción de la planta (Trelease, 1950).
Arbusto trepador con internodos cortos; hojas elíptico-suboblongas de 2,5-4,5 cm de ancho por 9-14 cm de largo, 3 a 4 nervaduras en cada lado; brácteas triangular-subpeltadas; frutos ob-pirmidal-trigonal; estigmas 3, pequeños, sésiles.

Esencia (De Díaz, 1999).
Hojas frescas fueron sometidas a hidrodestilación en un aparato Clevenger modificado dando un rendimiento de aceite esencial de 0,9% V/P. El análisis por CG/EM usando una columna HP-5 permitió identificar 4-isopropiltolueno (0,4%), α-cubebeno (11,3%), α-copaeno (4,3%), ß-cubebeno (0,7%), *trans*-cariofileno (6,2%), α-humuleno (1,1%), eremofileno (9,8%), α-selineno (1,4%), α-muuroleno (1,2%), γ-cadineno (2,9%), 1,2,3,4-tetrahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (5,1%), germacreno B (1,1%), 1,2,3,4,4a,7-hexahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (1,7%).

Bibliografía
• De Díaz, A. M. P. y E. Stashenko. (1999). Trabajo no publicado.
• Trelease, W. y Yuncker, T. G. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo I, página 337.

MATICO

Nombre científico actualizado
Piper crassinervium H. B. K.

Esencia (De Díaz, 1999).
1,2,3,4,4a,7-hexahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (0,5%), copaeno (1,5%), *trans*-cariofileno (9,4%), (+)-aromadendreno (7,0%), 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4(1-metiletil) naftaleno (6,2%), ß-selineno (7,1%), α-selineno (3,2%), α-muuroleno (1.8%), γ-cadineno (3,0%), 1,2,3,4-tetrahidro-1,6-dimetil-4-(1-metiletil)naftaleno (2,7%), farnesol (4,7%), óxido de cariofileno (7,1%), globulol (5,7%), 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4(1-metiletil)naftaleno (3,5%).

Bibliografía
• De Díaz, A. M. P. y Stashenko, E. (1999). Trabajo no publicado.

PIPILONGO

Nombre científico actualizado
Piper tuberculatum Jacq. (*Piperaceae*).

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Piper macrourum H. B. K.;
P. nutans Opiz ;
P. scabrum Willd.;
P. obliquum Balbis;
P. tuberculatum var *rigido-membranaceum* C. DC.;
Steffensia tuberculata Kunth;
Artanthe decurrens Miq.;
A. tuberculata Miq.

Otros nombres comunes
Cordoncillo.

Hábitat
América (Norte, Centro y Sur), Indias orientales.

Descripción de la planta
Arbusto o árbol pequeño (2 hasta 7 m), tallo nudoso; hojas subelípticas subovadas o más elíptico-oblongas de 3-6 u ocasionalmente de 10 cm de ancho por 7-14 cm de largo; ápice corto, base redondeada, 8 a 10 nervaduras; brácteas triangular-subespatuladas; 4 estamentos, frutos algunas veces tetragonales, glabros; estigmas 3, sésiles.

Usos populares
Las hojas pulverizadas son usadas como insecticidas para piojos, como hemostático y contra mordeduras de serpientes, gota, reumatismo y áscaris (García-Barriga, 1974).

Parte usada
hojas.

Esencia
Hojas frescas fueron sometidas a hidrodestilación para dar 1,6% V/P. El aceite esencial fue sometido a cromatografía en columna (sílica gel) usando como eluyente n-hexano. Se aislaron e identificaron por métodos espectroscópicos (IR, UV, NMR y EM) 3,4,5-trimetoxibenzaldehido, O-metileugenol, linalol (50%), eudesmol y viridiflorol.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
No reportados.

Observaciones
Se han reportado alcaloides aislados a partir del tallo de *P. tuberculatum* (Braz Filho, 1981; De Araujo Junior, 1997) y de las hojas: piplaróxido, un repelente de insectos (Capron, 1996).

Bibliografía

• Braz-Filho, R., M. P. De Souza y M. E. O. Mattos (1981). Piperlartine-Dimer A, A new Alkaloid from *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry* 20:345-346.
• Capron, M. A. y D. F. Wiemer. (1996). *J. Nat. Prod*. 59(8):794-795.
• De Araujo Junior, J. K., E. V. L. Dacunha, M. C. D. Chaves y A. I. Gray. (1997). Piperdardine, A Piperidine Alkaloid from *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry* 44(3):559-561.
• De Díaz, A. M. P. y P. P. Díaz. (1990). Compuestos $C_6.C_3$, $C_6.C_1$ y terpenos de dos especies de *Piper. V Congreso Latinoamericano de Botánica, La Habana, Cuba*, Junio 29- Julio 4.
• García-Barriga, H. (1974). *Flora Medicinal de Colombia. Botánica Medica.* Talleres Editoriales de la Imprenta Nacional, Bogotá. Vol. I, páginas 222-231.
• Trelease, W. y T. G. Yuncker. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo I, página 364.

SANTA MARIA MONE

Nombre científico actualizado
Pothomorphe peltata (L.) Miq. (*Piperaceae*).

Sinonimia botánica (Trelease, 1950)
Piper peltatum (L.),
P. pruinosum H. B. K.;
P. speciosum H. B. K.;
P. scutiphyllum Ham.;
P. ottonis C. DC.;
Peperomia pruinosa Kunth;
P. peltata A. Dietr.;
Lepianthes peltatum Raf.;
Heckeria peltata Kunth;
H. scutata Kunth;
H. speciosa Kunth;
Pothomorphe scutata Miq.;
P. speciosa Miq.;
P. ottonis Miq.;
P. almirantensis Trel;
P. baileyorum var. *paucispica* Trel.;
P. tecumensis Trel.;
P. tecumensis var. *grandis* Trel.

Otros nombres comunes (La Rotta, 1990; González, 1994)
Dadá, Bajedemeame (planta de raya), Pebedekitua, Yamarrupe, y Chen shen pei, nombres dados por los grupos étnicos colombianos Awa, Andoque, Miraña, Embera, Curripaco y Conibo respectivamente.

Hábitat (Trelease, 1950; La Rotta, 1990)
Región Amazónica de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. Crece en chagra y rastrojos.

Descripción de la planta
Hierba de aproximadamente 50 cm de alto; hojas simples, alternas, margen entero, ápice acuminado, base peltada, pecioladas, orbiculares o suborbiculares, acorazonadas hasta de 20 cm de longitud por 18 cm de ancho, nervaduras conspicuas por el envés, glabra; amentos axilares blanquecinos.

Puntaje según protocolo 1 del Proyecto
28.

Usos populares (La Rotta, 1990; González, 1994; Desmarchelier, 1997).
En Colombia es usada como antidiarreico, anestésico y antiofídico. En la región Amazónica de Perú, Bolivia y Brasil se usa como antiinflamatorio, antipirético, hepatoprotector, en infusiones como diurético y para tratamiento externo de úlceras e infecciones de la piel.

Parte usada
Hojas.

Esencia (De Díaz, 1997; De Díaz, 1999)

La hojas frescas fueron sometidas a hidrodestilación en un aparato Clevenger modificado durante 3 horas. El rendimiento de esencia fue de 0,3% V/P. El aceite fue analizado por GC-FID (Columna HP-1) y GC-MSD (Columna HP-5; Detector selectivo de masas, cuadrupolo) dando sesquiterpenos como compuestos mayoritarios. Se identificaron: *trans*-cariofileno (0,4%), 6,10-dimetil-(E) 5,9-undecadien-2-ona (2,0%), ß-ionona (0,6%), α-muuroleno (1,0%), γ-cadineno (0,3%), 9-metilen-5-metil-2-isopropil-biciclo[4.4.0]dec-1-eno (1,9%), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetil-1,2,3,4-tetrahidronaftaleno (10,3%), 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (0,9%), farnesol (2,9%), (-)-espatulenol (2,8%), 6-metoxi-1-acetonaftona (1,2%), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetil-1,2,3,4,4a,7-hexahidronaftaleno (6,6%), adamantano (4,6%), torreyol (1,4%), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetilnaftaleno (7,3%), 9-eicoseno (0,8%), 3,7,11,15-tetrametil-2-hexadecen-1-ol (2,1%), pentacosano (0,7%), hexatriacontano (0,7%), norolean-12-eno (1,2%), tetracontano (1,0%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo

No reportados.

Bibliografía

• De Díaz, A. M. P., P. P. Díaz. y E. Stashenko. (1997). *Pothomorphe peltata* (L.) Miq., su química y usos medicinales en los grupos étnicos AWA, Andoque y otros. *Libro de Resúmenes - VI Congreso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina, Guatemala, Octubre 2 -6*.

• De Díaz, A. M. P., P. P. Díaz, E. Stashenko y P. Joseph-Nathan. (1999). Dioxoaporphine alkaloid from the stems and essential oil from the leaves of *Pothomorphe peltata*. Trabajo no publicado.

• Desmarchelier, C., E. Monguelli, J. Coussio, y G. Ciccia. (1997). Inhibition of lipid peroxidation and iron(II)-dependent DNA damage by extracts of *Pothomorphe peltata* (L.) Miq.. *Brazilian J. of Medical and Biological research* 30(1):85-91.

• González, I., M. S. (1994). *Flora utilizada por los AWA de Albi con énfasis en Especies Medicinales*. M. Sc. Tesis, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, Colombia.

• La Rotta, C. (1990). *Especies utilizadas por la Comunidad Miraña - Estudio Etnobotánico*. Editorial Presencia Ltda., Bogotá, Colombia, página 206.

• Trelease, W. y T. G. Yuncker. (1950). *The Piperaceae of Northern South America*. Ed. University of Illinois Press, Urbana, Tomo II, páginas 435-441.

Especies aromáticas promisorias de Argentina

CEDRON *

* ver la monografía correspondiente, para Venezuela.

Nombre científico
Aloysia triphylla (L´Herit) Britt. (*Verbenaceae*).

Sinonimia botánica
Aloysia citriodora Ortega et Palau
Verbena triphylla L´Herit
Lippia citriodora (Ort. et Palau) H.B.K.
Quassia cedrón
Lippia citriodora Kunth.
L. triphylla (L'Her.) Kuntze

Otros nombres comunes
Lemon verbena, Hierba Luisa, María Luisa, verbena, Luisa, cidrón.

Hábitat
Crece desde Chile hasta Uruguay y sur de Brasil. Centro y noroeste de la Argentina.

Descripción de la planta
Arbusto de 1,5 a 3 metros de altura, muy ramificado, glabro. Hojas oblongo lanceoladas, enteras, de 5 a 12 cm. de largo. Sus flores, que abren en verano y otoño, son pequeñas y blancas, dispuestas en espigas terminales. Muy difícil encontrar semillas viables.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
38.

Usos populares
Sus hojas frescas como saborizante por su aroma limonado se usan en ensaladas de frutas, jaleas, postres y como un aditivo en bebidas heladas. También como infusión servida fría o caliente y azucarada, por su aroma y sabor a limón. Se la utiliza de esta manera en toda Latinoamérica, Estados Unidos y Europa occidental.
Sus hojas se usan como estomáticas y diuréticas (Torrent M., 1985; Guarrera y col., 1995), antiespasmódicas debido a su aceite esencial (Torrent M., 1985, 1985a). Es un Sedante suave: Con antecedentes de uso tradicional en Argentina y Brasil (Wanmacher y col.,1990) como ansiolítico y contra el insomnio. Sin embargo en un modelo de laboratorio no pudo demostrarse este efecto (Wanmacher col.,1990a). Digestivo, posiblemente debido a la presencia de ácidos clorogénicos (alrededor de 7%). Antimicótico (Guerrera y col.,1995; Guerrera y col., 1995) por la esencia. El efecto cardiotónico, aunque se lo preconiza en medicina popular, no está demostrado experimentalmente (Martínez y col. 1992).
Es una especie de amplio uso en alimentación, tanto en América como en Europa occidental (De Vincenzi y col. 1994).
Es una droga monografiada en distintas ediciones de las Farmacopeas de Francia, España y México (Imbessi, 1980). Se está estudiando su inclusión en la Farmacopea Europea (Vlietinck, 1996).

Es una droga oficial en la Farmacopea Argentina (1976). Está incluida en el Código Alimentario Argentino (1994). Aunque está aceptada para uso alimenticio en Europa, no puede usarse se esencia en perfumería por ser fotosensibilizante (Ford y col., 1992, 1992a), aunque si se usa su absoluto y concreto (0.3% de rendimiento), ya citado por Günther.
El relativamente bajo contenido de taninos podría tener un leve efecto sobre la biodisponibilidad de algunos oligoelementos en el organismo, como Fe, Cu, Zn, etc. (Pizarro y col., 1994).

Parte usada
Todas las partes aéreas, aunque lo más buscado son las hojas, frescas o desecadas.

Esencia
Las partes aéreas contienen 0,2 a 1% de aceite esencial. Es una especie que ya fue citada por Günther en su tratado de aceites esenciales (1952). Citando a varios autores (todos trabajos previos al desarrollo de la cromatografía en fase gaseosa), indica en la composición de su esencia: ácidos acético e isovalérico, limoneno, eucaliptol, citral, metil heptenona, carvona, furfural, linalol, (-terpineol, borneol, nerol, geraniol, citronelol, nerolidol, cedrol, (-cariofileno y pirrol.
Carnat y col. (1999) encontraron en material comercial de origen chileno: geranial (23,5%), neral (17,6%), óxicariofileno (6,3%), cineol (isómero 1,8?: 5,7%), citronelol (5,3%). Previamente Montes y col. (1975) habían detectado en plantas del mismo origen: d-limoneno (13%), citral (11%), p-cimeno (5,5%),etileugenol (2,3%), además de (y (pineno, citronelal, terpineol, borneol, felandreno, linalol e isosafrol.
Montes (1961) identifica en materiales provenientes de Argentina: citral, verbenona (1 a 5%) metilheptenona, d-citronelol, geraniol, l-limoneno, y cariofileno. En un trabajo más moderno, Zygadlo y col. (1994) analizaron un material de cultivo en floración, encontrando una composición muy distinta a la detectada por otros autores: mircenona (36,5%), (-tuyona (13,1%), africanona (= lippifoli-1(6)-en-5-ona, 8,9%) y limoneno (6,9%).
Brasil e Silva y col. (1979) analizaron material del sur de Brasil, y encontraron citral (59,4%), geraniol (10,6%), eucaliptol (15,4%) y linalol (1%), como principales compuestos.
Un material de cultivos de Francia fue estudiado por Garnero (1977) y Buil y col. (1975): 38% de citral, 6% de geraniol, 5,2% de nerol, 4,2% de limoneno fueron los principales conponentes. Frazao y col. (1982) estudiaron plantas de Portugal, encostrando un elevado porcentaje de limoneno (22,7%) y bajo de citral (17,5%).
Bellakhdar y col. (1994) analizaron plantas de Marruecos, y detectaron como componentes principales al 1,8-cineol (12,4%), geranial (9,9%), neral (6,9%) y 6-metil-5-hepten-2-ona (7,4%). A su vez Benjilali y col. (1996) analizaron materiales del mismo origen, obteniendo un mayor rendimiento de citral (promedio de 31%). También observaron que el rendimiento en biomasa / ha tiene una relación directa y el rendimiento en aceite esencial / ha una relación indirecta con la densidad de plantación. La fertilización nitrogenada también aumenta el rendimiento de esencia, y las hojas de junio (en Marruecos) tienen más esencia que las del segundo corte, en setiembre. La cosecha de un año hace disminuir la producción por superficie de esencia del año siguiente, en razón de una menor producción de hojas. Para evitar esto proponen cosechar solamente la mitad del material foliar, si va a ser usado para destilar la esencia.
Özek y col. (1996) analizaron material cultivado en Turquía, encontrando: citral (17,9% en hojas secas y 27,2% en ramas con hojas) y limoneno (14,8 y 18,6%, respectivamente).
Fue aislado de la esencia el nonanal (Pérez y col. 1998).
Vogel y col. (1997) encontraron una variación estacional en el rendimiento y composición del aceite esencial de cedrón chileno, siendo su mayor contenido de citral en noviembre (64%) y durante el día.

Existe una norma IRAM-SAIPA (Argentina) nº 185-73 para esta esencia, donde se exige un contenido de compuestos carbonílicos expresados como citral del 20 al 40%.

Domesticación y Cultivo
Está en proceso de domesticación en provincias del centro argentino, encontrándose cultivos en pequeña escala en San Luis y Córdoba, con material reproducido vegetativamente a partir de ejemplares seleccionados por sus características de rusticidad y altos rendimientos de material verde. Por hectárea se cultivan unas 20.000 plantas obteniéndose rendimientos promedios anuales de 2.500 a 3.000 kilos. Los cultivos pueden tener una vida útil y económicamente rentable de 10 años.
Fue introducida en Europa a fines del siglo XVIII, y desde entonces se la cultiva tanto en jardines y viveros como en cultivos industriales, tanto del centro de Europa como países del este europeo y en Africa. También se cultiva en otros países de América, hasta México.

Observaciones
Su esencia resulta muy interesante por su sabor limonado como aromatizante de alimentos y bebidas. Su cultivo está en pleno desarrollo y ya tiene un importante mercado, tanto en herboristería como para la extracción de sus partes aromáticas.
Se han publicado ensayos preliminares para determinar su toxicidad, encontrándose un amplio margen de seguridad (Alvarez y col. (1990).
Se han aislado de esta especie una serie de otros compuestos, como flavonoides, taninos y mucílago (Torrent de M., 1985a; Carnat y col., 1995; Lamaison y col., 1993, Skaltsa y col., 1988)

Bibliografía

• Alvarez, R. y col. (1990). Ensayo de viabilidad de altas dosis de extractos de plantas medicinales argentinas en animales de laboratorio. *Acta farmacéutica bonaerense*. 9(1):29-39.
• Arias, H. y F. Costas. (1948). *Plantas Medicinales*. Ed. Biblioteca Nueva, Buenos Aires, Argentina.
• Bellakhdar, J. y col. (1994). Composition of lemon verbena (*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton) oil of Moroccan origin. J. Ess. Oil Res. 6:523-526.
• Benjilali, B. y col. (1996). La recherche-développment (R-D) et l'exploitation des plantes aromatiques. Expérience du Marroc.*3º Colloque Produits Naturels d'Origine Végétale*. Ed. LASEV, Chicoutimi, Canadá. 17-36.
• Brasil e Silva, G.A., y col. (1979). O óleo essencial de *Lippia citriodora* Kunth do Rio Grande do Sul. *Trib. Farm*. 47(1):3-5.
• Buil, P. y col. (1975). Composition chimique de l'huile essentielle de verveine de Provence. *Riv. it. EPPOS* 57(8):455-466.
• Carnat, A. y col. (1999). The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. *Fitoterapia* 70(1):44-49.
• Carnat, A. y col. Luteolin-7-diglucuronide, the major flavonoid compound from *Aloysia triphylla* and *Verbena officinalis*. *Planta Medica* 61(5):490.
• *Código Alimentario Argentino* (1994).
• De Vincenzi, M. y col. (1994). Monographs on botanical flavouring substances used in foods. Part IV. *Fitoterapia* 66(3):206-207.
• Dimitri, M. (1980). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo I. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina.
• *Farmacopea Nacional Argentina*. VI edición. (1978)
• Ford, R.A. y col. (1992). Verbena oil. *Food Chemical Toxicol*. 30 (Supl.): 137S-138S.

• Ford, R.A. y col. (1992a). Verbena absolute. *Food Chemical Toxicol*. 30 (Supl.): 135S.
• Frazao, S. y M.M. Carmo. (1982). L'huile essentielle de verveine portugaise. Prémiere études. (*Lippia citriodora* Kunth). *Actas del Congreso Internacional de Aceites esenciales*, Cannes. 268-270.
• Garnero, J. (1977). L'huile essentielle de verveine de Provence. *Parfums, cosmetiques, aromes* (13):29-39.
• Guarrera, P.M., y col. (1995). Antimycotic activity of essential oil of *Lippia citriodora* Kunt (*Aloysia triphylla* Britton). Riv. it. EPPOS 15:23-25.
• Günther, E. (1952). *The Essential Oils*. Ed. van Nostrand Co., Nueva York. Tomo 6. 37-40.
• Imbessi. A. (1964). *Index Plantarum*. Ed. del autor.
• Lamaison, J.L. y col. (1993). Le verbascoside, compose phenolique majeur del feuilles de frene (*Fraxinus excelsior*) et de verveine (*Aloysia triphylla*). *Pl. Medic. et Phytother*. 26(3):225-233.
• Lust, J. (1974). *The Herb Book*. Ed. Bantam Books Inc., New York, USA. : 515
• Martínez, M.R. y M.I. Pochettino. (1992). The "Farmacia casera" (household pharmacy): a source of ethnopharmacological information. *Fitoterapia* 63(3): 215.
• Montes, A. (1961). *Analítica de los Productos Aromáticos*. Ed. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina.
• Montes, M., y col. (1975). Sur la composition de l'essence d'*Aloysia triphylla* ("cedrón"). *Planta Medica* 23(2):121-123.
• Özek, T y col. (1996). Composition of the Essential Oil of *Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton grown in Turkey. *J. Ess. Oil Res*. 8:581-583
• Pérez, S. y col. (1998). Antidiarrheal activity of C-9 aldehyde isolated from *Aloysia triphylla*. *Phytotherapy Research* 12(Supl.):S45-S46.
• Pizarro, F. y col. (1994). Factores que modifican el estado de nutrición del hierro: contenido de taninos de infusiones de hierbas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 44(4):277-280.
• Skaltsa. H. y G. Shammas. (1988). Flavonoids from *Lippia citriodora*. *Planta Medica* (5):465.
• Torrent Martí, M.T. (1985). Acción farmacológica de algunas esencias de origen biológico. *Revista de la Real Academia de Farmacia de Barcelona* (3° época) (1): 43-56.
• Torrent Martí, M.T. (1985a). Algunos aspectos farmacognósticos y farmacodinámicos de Lippia citriodora H.B.K. *Revista de la Real Academia de Farmacia de Barcelona* (2° época) (14): 39-55.
• Vlietinck, A. (1996). Comunicación personal.
• Vogel, H. y col. (1997). Fluctuación diurna y anual del contenido de aceite esencial en cedrón (*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britt.). *Actas del WOCMAP II, Mendoza*, 10 al 15 de noviembre.
• Wanmacher, L. y col. (1990). Plants employed in the treatment of anxiety and insomnia. *Fitoterapia* 61:445-448.
• Wanmacher, L. y col. (1990a). Plants employed in the treatment of anxiety and insomnia. II. Effect of infusions of *Aloysia triphylla* on experimental anxiety in normal volunteers. Fitoterapia 61(5):449-453.
• Zygadlo, J.A. y col. (1994). Volatile constituents of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton. *J.Ess. Oil Res*. 6:407-409.

ESPARTILLO

Nombre científico actualizado
Elionurus muticus (Spreng.) O. Kuntze. (*Poaceae*)
En muchas refrencias, citadas como *Elyonurus* (Peterson, 1998).

Sinonimia botánica
E. viridulus Hackel
E. rostratus Nees
E. megapotamicus (Spreng.) Herter
Lycurus muticus Spreng.
Anatherum megapotanicum Spreng.
Andropogon adustus Trin.
A. candidus Trin.
E. argenteus Nees
E. thimiodorus Nees
Andropogon caespitosus A. Rich.

Otros nombres comunes
Pasto amargo. Pasto bravo. Espartillo guazú.

Hábitat
Crece en todo el sur brasileño, Paraguay, nordeste argentino y Uruguay. Crece en el sur y trópico de Africa.

Descripción de la planta
Planta perenne, de unos 60 cm de altura. Hojas estrechamente lineales, con pelos setosos, convolutas, de hasta 30 cm de largo, acuminadas en el ápice, glauscecentes. Espigas terminales cilíndricas, aisladas, de 6-8 cm de largo y 5-6 mm de ancho, con raquis articulado muy frágil, velluda, formada por numerosas espiguillas unifloras, ordenadas alrededor del raquis, dispuestas de a dos en cada articulación, siendo una sésil y la otra pedicelada (Vidal, 1954).

Puntaje según protocolo I de Proyecto
40

Usos populares
Las raíces se usan por su sabor para mezclar con la bebida “mate” y como remedio para fiebres altas. También usado en sahumerios (Martínez Crovetto, 1981).

Parte usada
Parte aérea

Esencia
Fester y col. (1961) analizaron varias muestras de esta especie, de distintos orígenes, logrando hasta un 1% de rendimiento en esencia.
Ricciardi y col. (1976), resumiendo experiencias propias y datos tomados de la bibliografía, describen los siguientes quimiotipos:

- Tipo Apipé, rica en citral (rendimiento cercano al 91%) (Hefendehl y col. (1976).

- Tipo Paso Rosario: con olor no cítrico, conteniendo (-)acorenona B.
- Tipo La Leonesa: con isoacorenona.
- Tipo eucaliptol - alcanfor.
- Tipo con olor semejante a citronela

Más tarde Elechosa y col. (1986) detectaron un tipo geraniol (53% a 61% de rendimiento según las muestras), y con hasta un 16,5% de acetato de geranilo.
En Uruguay, Dellacassa y col. (1987) estudiaron el mismo material, bajo el nombre E. rostratus, encontrando un 79% de citral. Finalmente en Brasil, Scramin y col. (2000) encontraron otro quimiotipo en Brasil, siendo sus principales constituyentes: espatulenol (19%), β cariofileno (18%) y canfeno (12%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Se han realizado cultivos esporádicos en el nordeste argentino, Paraguay y sur de Brasil.

Observaciones
Es una especie citada por Günther en su trato de aceites esenciales, ya que después de la Segunda Guerra se hicieron algunas exportaciones desde Paraguay a Estados Unidos de N. de su esencia, aunque sin mucho éxito. Según Fester (1961), el aroma de esta esencia era parecido a la semilla de zanahoria, lo que indica que se utilizó material con bajo porcentaje de citral (aprox. 3 a 5,3%). Se han hecho ocasionales intentos de cultivar esta especie con fines comerciales, sin llegar a lograr una producción estable. No obstante estos antecedentes, parecería interesante aprovechar las calidades ricas en citral, como fuente de estos terpenos, en consideración al alto rendimiento, la calidad olfativa de la esencia, y la facilidad de manejo bajo cultivo de esta planta.

Bibliografía

• Dellacassa, E. P. Menéndez y E. Soler. (1978). Valor quimiotaxonómico del aceite esencial de *Elyonurus rostratus* (*E. muticus*). *Actas del Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Fitoquímica, Montevideo*, Uruguay. Pág. 38.
• Fester, G., E. Martinuzzi, J. Retamar y A. Ricciardi. (1961). *Aceites esenciales de la República Argentina.* Ed. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. 113 páginas.
• Hefendehl, F.W. y L. Romero Fonseca. (1976). Analyse des Ätherischen öls von *Elyonurus viridulus. Planta Medica* 30(2):135-140.
• M.E. Elechosa, I. Mizrahi, M.A. Juárez y A.L. Bandoni. (1986) Composición del aceite esencial de un “espartillo” (*Elionurus muticus*) tipo geraniol, proveniente de Corrientes. Revista de SAIPA 7:25.
• Martínez Crovetto, R. (1981). *Plantas utilizadas en medicina en el NO de Corrientes*. Ed. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
• Peterson, P.M. (1998). Proposal to conserve the name *Elionurus* (Poaceae, Andropogoneae) with that spelling. Taxon 47:737-738.
• Renvoize, S.A. (1978). Studies in *Elionurus* (*Gramineae*). *Kew Bull.* 32(3):665-672.
• Ricciardi, A.I. y col. (1976). Fitoquímica de *Elionurus sp.* de Corrientes y Chaco. *Trabajos de la XXV Sesión de Comunicaciones Científicas*, Facultad de Ciencias Exactas y Nat. Y Agrimensura, Univ. Nac. del Nordeste.
• Scramin, S. y col. (2000). Essential oil of *Elyonurus muticus* (Sprengel) O. Kuntze (*Gramineae*). J. Ess. Oil Res. 12: 298-300.
• Vidal, A.A. (1954). Estudio químico de una Gramínea Argentina: *Elionurus viridulus Hackel. Rev. de la Facultad de Agronomía (La Plata)* 30:167-180.

JARILLAS

Nombres científicos actualizados (de las tres especies)
Larrea cuneifolia Cav. (*Zygophillaceae*)
Larrea divaricata Cav.
Larrea nitida Cav.

Otros nombres comunes
Gobernadora (México), chaparral.

Hábitat
Especie abundante en casi todas las regiones áridas de América.

Descripción de la planta
L. cuneifolia Cav.: Arbusto de 1-3 metros de altura, muy ramificado. Hojas brevemente pecioladas de 0,5 a 1,5 cm. De largo, compuestas de 2 folíolos que están soldados en casi toda su longitud. Flores pequeñas, amarillas y frutos densamente pubescentes. Se reproduce por semillas.

L. divaricata Cav.: Idem anterior pero las hojas poseen 2 folíolos oblongos, agudos, soldados sólo en la parte basal.

L. nitida Cav.: Arbusto muy ramificado y extendido horizontalmente. Las hojas están compuestas de 10 a 18 folíolos contiguos. Flores también amarillas y frutos pubescentes.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
31

Usos populares
Las hojas como antiinflamatorias de uso externo, sudorífico, antimalárico, emenagogo, oxitócico, para facilitar partos y provocar abortos según Schickendantz (1881). Es usada como forrajera, de valor nutritivo semejante a la alfalfa (Sorarú y col. 1976).

Parte usada
Partes aéreas, preferiblemente las flores.

Esencia
Existen solamente un trabajo que analiza el aceite esencial de estas especies (Bohnsted y Mabry, 1979). En el mismo se describen los principales constituyentes, aunque los autores advierten que la composición es extremadamente compleja (posiblemente más de 300 compuestos!). Los más típicos serían los monoterpenos α y β pineno, y los isómeros del eudesmol, además de una serie de cetonas no saturadas acíclicas (2-heptanona, 2-undecanona, 2-tridecanona, etc.). Recientemente (DiLeo Lira y col., 1999), analizando materiales provenientes de la zona patagónica (Argentina), encontraron muy pocos monoterpenos, pero un notable rendimiento en los isómeros del eudesmol, y una gran variabilidad, aún en una misma especie de una misma región y en estados vegetativos similares.

Observaciones
Los productos aromáticos obtenidos de estas especies fueron evaluados en distintas oportunida-

des por la industria de sabores y fragancias, reconociendo sus posibilidades de aplicación industrial. Existe una extensa bibliografía sobre las posibilidades de aprovechar esta planta por su contenido de ácido nordihidroguayarético, un reconocido antioxidante industrial, pero no permitido para uso humano.

Bibliografía

• Bohnsted, Ch.F. y T.J. Mabry. (1979). The volatile constituents of the genus *Larrea* (*Zygophyllaceae*). *Rev. Latinoamer. Quím.* 10:128-131.
• Correa, J.E. y H.Y. Bernal. (1990) *Especies Vegetales Promisorias de los países del Convenio Andrés Bello.* 11 edición. Ed. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. Tomo V, página 8.
• Di Leo Lira, P. y col. (1999). Variabilidad de aceites esenciales de jarilla (*Larrea spp.*) obtenidos de distintas poblaciones patagónicas. *Actas de las VII Jornadas de Jóvenes Investigadores del Grupo Montevideo. Curitiba (Brasil).*
• Dimitri, M. (1980). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo Y. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina.
• Gupta, M.P. (editor). (1995).270 *Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Ed. Convenio Andrés Bello. Santafé de Bogotá, Colombia, página 55.
• Ratera, E.L. y M.O. Ratera. (1980). *Plantas de la Flora Argentina empleadas en la medicina popular*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 81.
• Schickendantz, F. (1881). Catálogo razonado de las plantas medicinales de Catamarca. *An. Circ. Médico Argentino* 12.
• Sorarú, S.B. y A.L. Bandoni. (1978). *Plantas de la Medicina Popular Argentina*. Ed. Albatros. 153 pp.
• Toursarkissian, M. (1980). *Plantas Medicinales de la Argentina*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 25.

MARCELA

Nombre científico actualizado
Achyrocline satureioides (Lam.) De Candolle (*Asteraceae*).

Sinonimia botánica
Achyrocline satureioides (DC.) Lam.
Achyrocline albicans Gris.
Achyrocline candidans DC.
Achyrocline citrina Gris.
Achyrocline mathiolaefolia DC.
Achyrocline mollis Bentham
Achyrocline vargasiana DC.
Gnaphalium satureioides Lamarck
Achyrocline satureioides (Lam.) var. *citrina* Lorentz

Otros nombres comunes
Macela (Brasil), vira-vira, marcela hembra, bira-bira, marcela del campo, juan blanco, macela do campo, marcelita, mirabira, suso, wira-wira (quechua), yatey-caá (guaraní), yerba de chivo (Colombia), huira huira, kea-kea (Bolivia), viravilona (Venezuela), pagará lauró, manzanilla, alkko wira wira (quechua), marcela blanca (Uruguay).

Hábitat
Sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, centro y nordeste de Argentina.

Descripción de la planta
Subarbusto de hasta 80 cm de altura, ramoso, erecto, cubierto de pelos cortos o lanosos que le dan una coloración blanquecina. Hojas alternas, sésiles, densamente tomentosas en el envés, lineares a lineal-lanceoladas, agudas, enteras, lámina hasta 5 cm de largo y hasta 4 mm de ancho. Capítulos numerosos, cilíndricos, dispuestos en densos glomérulos terminales de color gris-amarillento o amarillo dorado. Su fruto es un aquenio provisto de un papus blanco.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
36

Usos populares
Es una especie ampliamente usada en la medicina popular rioplatense, y en el sur de Brasil y Paraguay. Las partes aéreas se usan para problemas digestivos y como antiinflamatorio, antiasmática, tónica, febrífuga, colagoga y antihelmíntica. Existen bebidas comercializadas en Argentina que la contienen como amargo aromática. Se la usa en muebles y cajones para repeler la polilla de la ropa. En Paraguay se usa para infecciones. En Colombia contra los tumores. En Venezuela para la diabetes, impotencia y como emenagoga. En Uruguay también es usada como emenagoga, sedante e hipocolesterolémica, y en uso externo como antiséptica y antiinflamatoria.

Parte usada
Partes aéreas, preferiblemente las flores.

Esencia
Se analizaron ocho muestras (50 g) de inflorescencias provenientes del sur de Brasil, cosechadas en marzo y abril. Fueron extraídas con una trampa tipo Clevenger durante 5 hs . Los rendimientos de esencia fueron entre 0,24 y 0,84% sobre material oreado, según la muestra evaluada. Por GC/MS (columna no polar) y GC (columnas polar y no polar) se identificaron (Lamaty y col., 1991): α-pineno (41-78%), β-pineno (1,6-4,6%), limoneno (0,5-5%), cis-β-ocimeno (0-24%), trans-β-ocimeno (0-3,5%), oxicariofileno (0,2-10,5%), β-cariofileno (0,3-9%), α-humuleno (0,1-2,0%) y otros componentes en menor proporción. Los autores proponen, de acuerdo a estos datos, la presencia de tres grupos más o menos homogéneos: I: con alto contenido de ocimenos y β-cariofileno, II: sin ocimenos y <1% de β-cariofileno, III: menor % de α-pineno. En un trabajo posterior (Lorenzo y col., 2000) con muestras provenientes de la misma región e incluyendo territorio uruguayo, se encontraron contenidos similares, salvo en el porcentaje de β cariofileno, que llegó a 32%.

Extractos
Se publicó la obtención de un extracto hexánico de las partes aéreas, obteniéndose un producto con un fuerte aroma que persiste durante más de cinco días sobre una tira de papel. La nota olfativa es herbácea, terrosa y especiada, semejante al apio y al levístico.

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Existen ensayos de cultivos en Brasil y en Argentina. Se han publicado también ensayos de propagación y datos generales sobre las condiciones de cultivo por semillas. El rendimiento estimado es de 2 a 3 tn de flores por ha.

Observaciones
En virtud del aroma de la planta y su esencia, parece más interesante el aprovechamiento de su resinoide que su aceite esencial. La composición publicada hasta el momento para la esencia no parece ser la responsable del olor típico de esta planta. Pareciera importante analizar los componentes minoritarios, fundamentalmente los nitrogenados y sulfurados. Es una planta que ya tiene aplicación tanto en medicina como en licorería en la región rioplatense, por lo que parece promisorio su cultivo como aromática.

Bibliografía
• Arrillaga de Maffei, B. (1969). *Plantas Medicinales*. Ed. Nuestra Tierra, Montevideo, Uruguay.
• Bandoni, A.L. (1992). Concretos de especies silvestres argentinas. *Anales de SAIPA* (9/10):224-229.
• Correa Junior, C. L. Ch. Ming y M.Ch. Scheffer. (1994). *Cultivo de Plantas Medicinais, Condimentares e Aromaticas*. Ed. UNESP, Sao Paulo, Brasil. Página 105.
• Correa, J.E. y H.Y. Bernal. (1990) *Especies Vegetales Promisorias de los países del Convenio Andrés Bello*. 11 edición. Ed. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. Tomo V, página 8.
• Davies, Ph. (1993). An advance on the propagation of *Achyrocline satureioides* (Lam.) D.C. (*Compositae). Acta Horticulturae* (331):237.
• Lorenzo, D., y col. (2000). *Achyrocline satureioides* essential oils from Southern Brazil and Uruguay. Planta Medica 66:476-477.
• González, M., V. Coppetti, A. Lombrado y A. Vallarino. (1937). *Plantas de la Medicina vulgar del Uruguay*. Ed. Talleres Gráficos Cerrito, Montevideo, Uruguay.
• Gupta, M.P. (editor). (1995).270 *Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Ed. Convenio Andrés Bello. Santafé de Bogotá, Colombia, página 55.
• Labuckas, D.O., D.M. Maestri, N.R. Grosso y J.A. Zygadlo. (1999). *Essential oils of Achyrocline satu-*

reioides, Achyrocline alata and Achyrocline tomentosa. Planta Medica 65:184-186.
• Lamaty, G., C. Menut, J.M. Bessiere, E.P. Schenkel, M.A. Dos Santos y V. Bassani. (1991). The chemical composition of some *Achyrocline satureioides* and *Achyrocline alata* oils from Brazil. J. Ess. Oil Res. 3(5):317-321.
• Martínez Crovetto, R. (1981). *Plantas utilizadas en medicina en el NO de Corrientes*. Ed. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
• Osorio de Castro, L. Y V.M. Chemale.(1995). *Plantas Medicinais, condimentares e aromaticas*. Ed. Agropecuaria Ltda., Guaiba, Brasil. Página 96.
• Oliveira Simoes, C.M., L. Auler Mentz, E.P. Schenkel, B. Irgang y J. Stehmann. (1986). *Plantas de Medicina Popular no Rio Grande do Sul*. Ed. Da Universidade, UF Rio Grande do Sul, Brasil.
• Ratera, E.L. y M.O. Ratera. (1980). *Plantas de la Flora Argentina empleadas en la medicina popular*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 81.
• Toursarkissian, M. (1980). *Plantas Medicinales de la Argentina*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, página 25.

NENEO

Nombre científico
Mulinum spinosum (Cav.) Persoon (*Umbelliferae.*)

Sinonimia botánica
Mulinum proliferum Pers.
Mulinum laxum Phil.
Mulinum leoninum
Selinum spinosum Cav.
Selinum proliferum Cav.

Otros nombres comunes
Uña de gato, mata barrosa, hierba de la culebra, el noticiero, raíz del soldado, hierba negra, palo negro, dichillo, dechón.

Hábitat
Muy difundida como principal componente de la estepa herbácea-arbustiva y sobre las laderas bajas de las montañas desde San Juan y Mendoza hasta Santa Cruz en Argentina (y en el sur de la Provincia de Buenos Aires) y en Chile desde Coquimbo a Magallanes, apareciendo a altitudes de 40 a 1.500 metros.

Descripción de la planta
Arbusto de 0,3 a 3 metros de altura x 0,3 a 3 metros de diámetro, espinescentes o subarbustos formando matorrales redondos. Hojas de 2,5 a 5 cm, triangulares, 3-partidas, pedúnculos de 1,5 a 6 cm terminales o subterminales, generalmente sobrepasando bien las hojas. Umbelas con 5 a 60 flores amarillo-verdosas.
M. spinosum es un complejo ampliamente distribuido con gran variación ecológica y morfológica y podría ser divisible en varios taxa. Existen propuestas de definir por lo menos cuatro variedades (Zech, 2002).

Usos populares
La raíz es usada en Chile en cocimiento como balsámico en supuraciones purulentas originadas por problemas hepáticos, y en neuralgias dentales (de Mösbach, 1992, Montes y col. 1978).

Parte usada
Toda la parte aérea principalmente hojas y flores, aunque también de las raíces se puede extraer pequeña cantidad de látex y de aceite esencial.

Esencia
Es poco lo que se conoce de su esencia. Solamente se han aislado algunos monoterpenos como α- y β-pineno y limoneno en un trabajo chileno (Rivieros y col.,1982), y los principales constituyentes de la esencia de las raíces: α-tuyeno (8,9%), mirceno (6,0%), biciclogermacreno (13,6%), spatulenol (9,7%); y de la esencia de las partes aéreas: α-tuyeno (3,7%), canfeno (3,8%), limoneno (3,6%), d-cadineno (4,7%), spatulneol (8,3%) y acetato de guayilo (7,6%) (van Baren y col., 1997). De un extracto supercrítico de las partes aéreas fueron identificados dos nuevos ácidos diterpénicos del tipo mulinano (Nicoleti y col. 1996).

Observaciones

Se han realizado varias experiencias sobre producción de resina o exudado gomoso a partir de incisiones en troncos y tallos (Bedogni y col. 1977). A partir de la misma se obtiene un aceite esencial y una resina que algunos consideran como posible sucedáneo del gálbano, y podría llegar a ser una interesante materia prima para la industria aromática.

Bibliografía

• Bedogni, O.E, E.A. Couto y T, Riqué. (1977). *El Neneo*. Boletín de Divulgación del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Minería. Sin paginar.
• Correa,M.N. 1988. *Flora patagónica*. Tomo VIII . Parte V: 363. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina.
• Menéndez, Oscar; O.Bedogni y T. Riqué. *Estudio sobre resinación del neneo (Mulinum spinosum) en la Provincia de Río Negro.* Inédito.
• de Mösbach, E.W. (1992). *Botánica Indígena de Chile*. Ed. Fundación Andes y Ed. A. Bello, Santiago, Chile. 140 pp.
• Montes G., M. y T. Wilkomirsky. (1978) *Plantas Chilenas en Medicina Popular- Ciencia y Folklore*. Ed. Univ. de Concepción, Chile.
• Nicoleti, M. y col. (1996). Diterpenoid acids from *Mulinum spinosum. Phytochemistry* 43(5):1065-1067.
• Rivieros, R y col. (1982). Bol. Soc. *Chil. Quím.* 27:244. (De *Phytochemistry* 43(5):1067).
• Van Baren, C. y col. (1997). Composition of the essential oil of neneo (*Mulinum spinosum* (Cav.) Pers. (*Unbelliferae*)) from Chubut, Argentina. *Proceedings of the IOCD/CYTED International Joint Symposium, Panamá*, 23 al 26 de febrero de 1997.
• Zech, J.C. (2002). Comunicación personal.

PARAMELA

Nombre científico
Adesmia boronioides Hook. f. (*Papilionaceae.*)

Otros nombres comunes
Yaqueu (araucano).

Hábitat
Norte de Isla Grande, en Tierra del Fuego, Argentina, hasta la Provincia de Neuquén, y en Chile hasta 51° de lat. Sur.

Descripción de la planta
Arbusto erecto de más de 1 metro de altura. Hojas con pecíolo de más de 10 mm. Inflorescencias con 10 a 30 flores, dispuestas en racimos laterales y terminales. Frutos de 15 a 18 mm, con glándulas oscuras. Semillas de 2 a 2,5 mm de diámetro. Florece de noviembre a enero en su habitat natural. (Moore, 1983).

Puntaje según protocolo I de Proyecto
29

Usos populares
Es empleada para los dolores reumáticos, caída del cabello, sahumerio para las vías respiratorias y también como agente digestivo, para aliviar malestares menstruales, y se le atribuyen propiedades afrodisíacas (González, 2002). En Chile, la infusión de las hojas para malestares femeninos y en trastornos estomacales. (Montes y Wilkomirsky, 1987).

Parte usada
Parte aérea.

Esencia
Se analizó su aceite esencial y su resinoide, pero constatándose solamente las propiedades fisicoquímicas generales, sin poder determinar su composición química, debido a las limitaciones técnicas que había en los años en que fue realizado el estudio y a la complejidad de sus constituyentes (Montes y col., 1963). Se han estudiando los componentes principales de esta esencia, encontrándose (González, 2002): esquelenona (estructura nueva) (15%), isoesquelenona I y II (4 a 8,5%), α-copaen-11-ol (8,5%), δ-cadineno (5 %), eudesmol-10-epi-γ (4,5%), α-pineno (4%), cubenol-1-epi (3,5 %) y dihydroagarofuran-4-α-hidroxy (3,5%).

Trabajos sobre domesticación o cultivo
Debido a la abundancia de la especie en poblaciones silvestres, aún no se han planteado trabajos de este tipo.

Bibliografía
• González, S. (2002). “*Adesmia boronioides* Hook. f.: una especie aromática y medicinal de la Patagona”. Tesis de Doctorado de la Universidad de Buenos Aires.
• Montes, A.L. y L. Peltz. (1963). Esencias de plantas aromáticas del parque Nacional Nahuel Huapi y sus aledaños. 2. *Adesmia boronioides* Hooker, o paramela. *An. Soc. Cient. Argent*. 175, 91-101.
• Montes, M y T. Wilkomirsky. (1987). *Medicina Tradicional chilena*. Ed. Univ. Concepción, Concepción. 205 pp.
• Moore, David M. (1983). *Flora of Tierra del Fuego*. Ed. A. Nelson. Inglaterra. Pág. 143.

PICHANA

Nombre científico actualizado
Baccharis spartioides (H. et A.) Remy (*Asteraceae*).

Sinonimia botánica
Psila spartioides (H. et A.) Cabr.
Heterothalamus spartioides H. et A.
Heterothalamus spartioides Hook. et Arn., ex De Candolle
Baccharis sarophora Phil.
Pseudobaccharis spartioides (Hook. et Arn.) Cabr.

Otros nombres comunes
Romerillo, Escoba.

Hábitat
Crece a lo largo de todo el territorio argentino, Chile y Uruguay.

Descripción de la planta
Arbusto erecto, ramoso, glabro, de 0,5 m a 1 m de altura. Hojas diminutas, lineales, enteras, caducas. Las inflorescencias son capítulos dispuestos en corimbos en el ápice de las ramas. Flores femeninas blancas, en capítulos con involucro turbinado, de 6-7 mm de alto por 4-5 mm de diámetro. Capítulos masculinos con involucro hemisférico, de 4-4,5 mm de alto x 5 mm de diámetro. Papus blanco.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
30

Usos populares
Se ha estudiado su acción antiinflamatoria y antipirética (Delporte y col., 19996).

Parte usada
Parte aérea desecada.

Esencia
Fue estudiada por Fester y col. (1960), encontrando entre sus componentes: α y β pineno, criptona (compuesto que hace resinificar fácilmente a la esencia), un derivado de la dimetilacetofenona, limoneno y (-terpineno. Delporte y col. (1996), aislaron un nuevo sesquiterpeno: la spartidienediona, con actividad antiinflamatoria y antipirética. En un trabajo reciente (van Baren y col., 2002) se identificaron en su esencia: limoneno (23 a 48%), 6R-7R-bisabolona (2,7 a 7,6%), citronelal (2 a 4,3%), 1,8-cineol (0,9 a 7,7%) y sabineno (0,1 a 10%).

Bibliografía

• Arrillaga de Maffei, B. (1969). *Plantas Medicinales*. Ed. Nuestra Tierra, Montevideo, Uruguay.
• Cabrera, Angel L. (1963). Flora de la Provincia de Buenos Aires. Parte VI. Compuestas. Colección Científica del INTA, Buenos Aires.
• Correa, J.E. y H.Y. Bernal. (1990) *Especies Vegetales Promisorias de los países del Convenio Andrés Bello*. 11 edición. Ed. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. Tomo V, página 8.

• Delporte, C. y col. (1996). Antiinflammatory and antipyretic activities of spartidienedione isolated from *Psila spartioides. International J. of Pharmacognosy* 34(3):179-183.
• Fester, G., E. Martinuzzi, J. Retamar y A. Ricciardi. (1960). Estudios sobre esencias volátiles argentinas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química* 29:21-43.
• van Baren, C.M., y col. (2002). Composition of the essential oil of pichana (*Baccharis spartioides* (Hook. et Arn.) Remy - *Compositae*) from different populations of the Patagonia, Argentina. *J. Essential Oil Res*. 14:183-186.

POLEO

Nombre científico
Lippia turbinata (Griseb.) (*Verbenaceae*).

Otros nombres comunes
Té del país, Té criollo.

Hábitat
Centro y noroeste de la Argentina, desde Salta hasta Mendoza, San Luis y Córdoba.

Descripción de la planta
Arbusto ramoso, con hojas lanceoladas, caducas, de 2 a 3 cm de largo por 0,3 a 0,6 cm de ancho, muy agudas en el ápice, de borde entero en los 2/3 superiores, con 5 a 7 dientes breves a cada lado, áspero-hirsuta en el haz; nervaduras impresas en el haz y algo prominentes en el envés. Flores blanquecinas, grisáceas, pubescentes, se agrupan en capítulos globosos.

Puntaje según protocolo I de Proyecto
37

Usos populares
En forma de infusión como tónico estimulante. También indicado para trastornos digestivos. Diurético y emenagogo. Es una especie incluida en el Código Alimentario Argentino.

Parte usada
Se usan las hojas y tallos tiernos.

Esencia
Contiene aprox. 0,2 a 0,8% de una esencia de color amarillento y olor parecido al limón, más herbáceo. Montes (1961) la caracteriza con un peso específico de 0,9393, un índice de refracción de 1,4822 a 1,5027 e identificó como componentes mayoritarios al d-limoneno, fenoles (1-4-2 xilenol), lippiona y sesquiterpenos. Fester y col. (1960) encontraron: d-limoneno, lippiona (1,2-epoxipulegona), dihidrolippiona y lippiafenol (este último posiblemente sea un artefacto formado durante la extracción).

Domesticación y cultivo
Se multiplica por semillas, estacas leñosas y división de matas. Por estacas leñosas es a fines de invierno, distribuyendo las plantas en lugar definitivo en surcos a 0,70 m- 1 m y entre planta a 0,50-0,70 m. Si es por semillas se realizan almácigos en primavera.

Observaciones
Con el mismo nombre y los mismos usos se conocen otras especies taxonómicamente cercanas, como Lippia fissicalyx Tronc. y Lippia polystachia (Griseb.) Mold.

Bibliografía

• Bassols, G. y A. Gurni. (1998). Posibles adulterantes del Poleo (*Lippia turbinata* Griseb., *Verbenaceae*). *Acta Farm.Bonaerense* 17(3) : 191-196.
• Dimitri, M. (1980). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo I. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina.
• Fester, G., E. Martinuzzi, J. Retamar y A. Ricciardi. (1960). Estudios sobre esencias volátiles argentinas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química* 29:21-43.
• Montes, A. (1961). *Analítica de los Productos Aromáticos*. Ed. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina.

SALVIA MORADA

Nombre científico
Lippia alba (Mill.) N.E. Brown ex Britt & Wilson, (Verbenaceae).

Sinonimia botánica
Lippia geminata H.B.K.
Lippia geminata Kunth.
Lantana alba Mill.
Lippia alba Gardn.
Lantana citrata Cham. et Schlecht
Lippia asperifolia A. Rich.
L. asperifolia Poepp.
L. balsamea Mart.
L. capensis (Thunb.) Spreng.
L. crenata Sessé et Moc.
L. globiflora Kuntze
L. lantanoides (¿?)
L. panamensis Turcz.
L. trifolia Sessé et Moc.
L. virgata Sessé et Moc.

Otros nombres comunes
Argentina : salvia del campo, salvia del monte, salvia trepadora, cidroma, poleo, toronjil morado, ajkukuli mop (*abuelo de la ortiga*, en idioma vilela), kaguetá iché itará (*padre de la canilla de huasuncho*, en idioma toba), poleo, romerillo, salvia de jardín, salvia maestra, yerba buena.
Brasil : alecrim do campo, salvia limao, erva cidreira, salsa brava, salvia da gripe, salvia, cidreira, melissa.
Cuba : anís de España, contrainfluenza, menta americana, palau, poleo, quitadolor, salvia americana, yerba buena americana.
Costa Rica : juanilama
Guatemala : salviasija.
México : hierba buena, salvia betonica, sonora, té del país, té de pan, té de maceta.
Perú : orégano de burro.
Uruguay : yerba buena, romerillo, salvia del campo.
Venezuela : Orégano de burro, orégano, cariaquito blanco, toronjil, toronjil mulato.

Hábitat
En Argentina: en las riberas de los ríos del Litoral (nordeste) llegando hasta la provincia de Buenos Aires, y en Tucumán y Salta (noroeste), en tierras arenosas. Crece espontánea en casi toda Sudamérica, y hasta Guatemala. En zonas tropicales de otro continentes.

Descripción de la planta
Arbusto apoyante, ligeramente pubescente. Hojas opuestas, subcoriáceas, aovadas o aovadas-oblongas, cortamente pecioladas, aserradas ásperas en la cara superior, pubescentes en la inferior, de 5-10 cm de largo. Flores violáceas, pequeñas, dispuestas en capítulos pedunculados. Florece en verano y se multiplica por gajos (Dimitri, 1980).

Puntaje según protocolo I de Proyecto
29

Usos populares
Partes aéreas desecadas: En Argentina: la infusión como emenagoga y abortiva; antiespasmódica, digestiva, estimulante, nervina, expectorante, diaforética y antihemorroidal. En Brasil: antiespasmódica, calmante, relajante, contra intoxicaciones generales y problemas estomacales. En Venezuela: sudorífica, diaforética, emenagoga, antiespasmódica, estomacal, antidiabética, sedante. El aceite esencial de las partes aéreas es bueno para el tratamiento cosmético de pieles envejecidas y secas (Elder y col. 1997).
Hojas: En Argentina: en infusión como antiespasmódica, expectorante, diaforética, emenagoga, digestiva. Frotando las hojas sobre la piel, curan paspaduras. En Brasil : el té o jarabe de las hojas con miel es usado contra gripes y tos. También como digestivo, antiespasmódico y tranquilizante. En Cuba: para la bronquitis, cólicos y diarreas, dolores de cabeza o de estómago, y para la tos. En México : antiespasmódico, emenagogo, estomáquico, sudorífico en los resfriados. En Perú: para dolores de cabeza y duarreas. En Uruguay: antiespasmódico, estimulante.

Parte usada
Todas las partes aéreas, aunque lo más buscado son las hojas.

Esencia
Los rendimientos publicados abarcan un intervalo de 0,1 a 0,8% sobre materia seca. Su composición tiene significativas diferencias según el origen geográfico, la época de recolección y/o la edad de la planta.
Se han definido en Argentina cinco variedades :

1. tipo santafecina : con d-α-pineno, l-dihidrocarvona, l-alcanfor, citral y linalol
2. tipo entrerriana I: con d-limoneno, lippiona,
3. tipo entrerriana II: con d-piperitona (un material similar fue encontrado en Guatemala (Senatore y Rigano, 2001).
4. tipo norte santafecino : con citral.
5. tipo tucumano: (-)-piperitona y limoneno + 1,8-cineol

En Brasil se definieron dos variedades de cultivo, pero también otras variedades fueron encontradas en materiaales silvestres (Viana y col., 1998; Vale y col., 1999; Castro y col., 2002; Zoghbi y col., 1998):

1- tipo citral (coincidente con los materiales analizados en el norte santafecino de Argentina) (principales: citral: 36%, germacreno D: 25%).
2- tipo carvona (principales: carvona 32%, limoneno: 32%). Materiales similares se encontraron también en Costa Rica (Cicció y Ocampo, 2000), Cuba (Pino Alea y col., 1997) y Perú (Leclercq y col., 1999).
3- tipo eucaliptol (principales: eucaliptol: 35%, limoneno: 18%).
4- tipo γ terpineno (principales: γ terpineno: 47%, p-cimeno: 9%) (Gomes y col., 1993)

En Uruguay se detectó un noveno quimiotipo, rico en (+)-linalol (hasta un 55% de la esencia) (Lorenzo y col., 2001). Materiales similares fueron detectados en cultivos de India y en materiales especialmente irradiados (Bahl y col., 2000 y 2002), con un rendimiento mayor a 80% de linalol; y en Brasil (Frighetto y col., 1998).

Domesticación y Cultivo

Se ha estudiado el enraizamiento de gajos de tallos, según lugar de obtención en la planta, diámetro y longitud del tallo. Solamente el diámetro lo afecta significativamente (Ming, 1996). El rendimiento en esencia parece ser mayor en verano. Existen cultivos comerciales en varias países tropicales y subtropicales. Para más detalles ver el capítulo VI de este texto.

Observaciones

En una marcha fitoquímica se caracterizaron: fenoles, esteroides o triterpenoides. No tiene flavonoides. Posee un efecto analgésico suave, antiinflamatorio (Viana y col., 1998), sedante, antiulcerogénico y actividades antibacteriana y citostática.

Bibliografía

• Abreu Matos, F.J. y col. (1996). Essnetial oil composition of two chemotypes of *Lippia alba* grown in Northeast Brazil. *J. Ess. Oil Res*. 8:695-698.

• Bahl, J.R. y col. (2000). Composition of linalool rich essential oil form *Lippia alba* grown in Indian plains. *Flav. and Fragrance J.* 15:199-200.

• Bahl, J.R. y col. (2002). Linalool-rich essential oil quality variants obtained from irradiated stem nodes in *Lippia alba*. *Flav. and Fragrance J*. 17: 127-132.

• Bassols, G.B. y A.A. Gurni. (1996). Especies del género *Lippia* utilizadas en Medicina Popular Latinoamericana. *Dominguezia* 13 (1) :7-25.

• Castro, D.M. y col. (2002). Biomass production and chemical composition of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britt & Wilson in leaves on different plant parts in different seasons. *Acta Horticult*. (569):111-115.

• Catalán C.A.N. y col. (1977). El aceite esencial de *Lippia alba* (Miller) N.E. Brown de la provincia de Tucumán. Riv. EPPOS (oct).

• Cicció, J.F. y R.A. Ocampo (2000). Comunicación personal.

• Craveiro, A.A. y col. (1981). Essential oil from Brazilian *Verbenaceae*. Genus *Lippia*. *J. Nat*. Prod. 44: 598-601.

• Dimitri, M.J. (1980). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Ed. Acme, Buenos Aires. Tomo I: pp. 920.

• Di Stassi, I.C., C.A. Hiruma, E.M. Guimaraes y C.M. Santos. (1994). Medicinal Plants popularly used in Brazilian Amazon. *Fitoterapia* 65 (6) :529-540.

• Elder, H.V. y col. (1997). Cosmetological uses of essential oil of *Lippia alba* (Miller) N.E. Brown (lipia). Riv. it. EPPOS: 712-714.

• Fester, G.A. y E.A. Martinuzzi. (1955). *Esencias volátiles argentinas* (primera entrega). Serie técnico-científica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe (Argentina), 92 pág.

• Frighetto. N. y col. (1998). *Lippia alba* Mill N.E. Br. (*Verbenaceae*) as a source of linalool. *J. Essent. Oil Res*. 10:578-580.

• Fun, Ch.E. y A. Baerheim Svendsen. (1990). The Essential Oil of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. *J. Ess. Oil Res*. 2 :265-267.

• Gomes, E.C., y col. (1993). Constituents of essential oil from *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. (*Verbenaceae*). *Rev. Bras. Farm.* 74(2):29-32. De C.A.: 120:116473.

• Leclercq, P.A. y col. (1999). Aromatic plant oils of the Peruvian Amazon. Part 1. *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. and *Cornutia odorata* (Poeppig) Poeppig ex Schauer, *Verbenaceae*. *J. Ess. Oil Res*. 11:753-756.

• Lorenzo, D. y col., (2001). Composition of a new essential oil type of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown from Uruguay. *Flav. and Fragrance J.* 16:356-359.

• Ming, L.C. (1996). Rooting of cuttings of *Lippia alba* (Mill.) N.E.BR. -*Verbenaceae*- . *Acta Horticulturae* (426) : 643-949.

• Pino, J.A. y col. (1996). Chemical Composition of the Essential oil of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown from Cuba. *J. Ess. Oil Research* 8:445-446.

• Pino Alea, J.A. y col. (1997). Composición y propiedades antibacterianas del aceite esecial de *Lippia alba* (Mill.) n.e. Brown. *Rev. Cubana Farm*. 30(1):1-7.
• Retamar, J.A. (1982). *Aceites esenciales de especies vegetales diversas. Sus posibilidades químicas*. Ed. IPNAYS, Santa Fe (Argentina).359 pág.
• Senatore, F. y D. Rigano (2001). Essential oil of two *Lippia* spp. (*Verbenaceae*) growing wild in Guatemala. *Flav. and Fragrance J*. 16: 169-171.
• Sorarú, S.B. y A.L. Bandoni. (1978). *Plantas de la Medicina Popular Argentina*. Ed. Albatros.
• Terblanché, F.C. y col. (1996). Essential oil constituents of the genus *Lippia* (*Verbenaceae*). A Lietrature review. *J. Ess. Oil Research* 8:471-485.
• Vale, T.G. y col. (1999). Behavioral effects of essential oils from *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown chemotypes. *J. of Ethnopharmacol.* 167:127-133.
• Velasco Negueruela, A. y col. (1993). Volatile constituents of four *Lippia* species from Córdoba (Argentina) *J. Essential Oil Res*. 5:513-524.
• Viana, G.S.B. y col. (1998). Analgesic and antiinflammatory effects of two chemotypes of *Lippia alba*: a comparative study. *Pharmaceutical Biology* 36(5):347-351.
• Zoghbi, M das G.B. y col. (1998). Essential oils of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. growing wild in the Brazilian Amazon. *Flav. and Fragrance J.* 13:47-48.

Bibliografía general

• Adams, R.P. (1995). *Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*. Ed. Allured Publ., Carol Stream.
• Adams, R.P. (2001). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy*. Allured Publ., Carol Steam.
• Adzet, T.; Cañigueral, S.; Gabaldà, N.; Ibáñez, C.; Tomàs, X. y Vila, R. (1991) Composition and variability of essential oil of *Thymus willkomii*. *Phytochemistry*, 30(7): 2289-2293
• Adzet, T.; Vila, R.; Batllori, X. e Ibáñez, C. (1989b) The essential oil of *Thymus moroderi* Pau ex Martínez. *Flavour Fragr. J*., 4(2): 63-66.
• Adzet, T.; Vila, R.; Cañigueral, S.e Ibáñez, C. (1989a) The herb essential oil of *Thymus glandulosus* Lag. ex H. del Villar. *Flavour Fragr. J*., 4(3): 133-134.
• Adzet, T.; Vila, R.; Ibáñez C.y Cañigueral, S. (1988) Essential oils of some iberian *Thymus*. *Planta Med*., 54(4): 369-371
• Alkire, B.H. y col. (1996). Response of Midwestern peppermint (*Mentha x piperita* L.) and native spearmint (*M. spicata* L.) to rate and form of nitrogen fertilizer. *Acta Horticult*. (426): 537-549.
• Alkire, B.H. y col. 1993).Water Management for Midwestern Peppermint (*Mentha x piperita* L.) growing in highly organic soils, Indiana, USA. *Acta Horticult*. (344): 544-556.
• Altenburger, R. y col. (1990). Further observations on rhythmic emission of fragrance in flowers. *Planta* 180:194-197.
• Allorge, L. y M.M. Plumel (1984). De la préparation des herbiers à celle des plantes médicinales au moyen du four à micro-ondes. *Ann. Pharm. Franç*. 42(4):313-315.
• Ammour, T.; Ocampo, R.y Robles, G. (1994). *Caracterización de los sectores asociados a la producción, comercialización y transformación de plantas medicinales en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica* CATIE. 36 p. (Documento de trabajo Proyecto OLAFO 3).
• Andersen, N.H. y Falcone, M. (1969). The identification of sesquiterpene hydrocarbons from gas-liquid chromatography retention data. *J. Chromatogr*., 44: 52-59.
• Anónimo (1989). *La irradiación de los alimentos*. Ed. OMS, Ginebra. 90 pp.
• Anónimo (1997a). Industrie aromatique espagnole: nature et chimie. *Parfums & Cosmetiques* (138): 66-68.
• Anónimo (1997b). *Happi* (noviembre): 12.
• Anónimo (1986). *Essential oils and oleoresins: A study of selected producers and major markets*. International Trade Centre, UNCTAD/GATT, Ginebra.
• Anónimo (1991). *Design options for a Polivalent Pilot Plant unit for the distillation and extraction of medicinal and aromatic plants*. UNIDO, Documento IPCT.143(spec.). 52 pp.
• Anónimo (1993). *Second UNIDO Workshop on the Essential Oil Industry (WESOIN-2)*. UNIDO Documento IO/R.259. 177 pp.
• Anónimo (1994). "Carbon dioxide; Industry Overview" *Chemical Business*, 16 (2): 12.
• Anónimo (1995) "Carbon Dioxide Market Could be profit center for ethanol, *Oxy-Fuel News*, v.7, April 24.
• Anónimo (1995a) "CO2 Technology Reduces Solvent in Spray Coating," *Industrial Health & Ha-*

zards Update, April.
• Anónimo (1996). *Happi* (diciembre): 14-15.
• Anónimo (1997). Plantes à parfum: nécessité d'un dialogue producteurs-industriels. *Parfums & Cosmetiques* (138): 53-56.
• Anónimo (1998). *Estadísticas del Bancomext*, México, sobre importaciones / exportaciones de aceites esenciales.
• Anónimo (2001). Strong growth for "green" solventes. *Chemical Processing* (august): 14.
• Arctander, S.. (1960) *Perfume and flavour materials of natural origin*. Ed. Allured Publ.
• Arnason, J.T. y col. (1989). *Insecticides of Planta Origin*. Ed. ACS, Washington, 213 pp.
• Atchely A. y L. Crum (1988). *Acoustic cavitation and bubble dynamic. Ultasound. Its chemical, physical and biological effects*, Ed. Suslick, VCH Publishers
• Aykroyd, B. (1995). Extraction CO_2 Supercritical Style, *Soap Perfumery and Cosmetics*, 68 (March).
• Bajaj, Y. (Ed.).1993. *Biotechnology in Agriculture and Forestry 21*. Medicinal and Aromatic Plants IV. Springer-Verlag, Alemania. xxi + 443 pp.
• Banco de Guatemala (1999). Estadísticas comerciales. www.banguat.gob.gt
• Bandoni, A.L., M.A. Juárez e I. Mizrahi. (1991) Contribución al estudio de las esencias de Comino (*Cuminum cyminum* L.) *Ess. Derivatti Agrumari* 41(1):32-49.
• Banthorpe, D.V. y Whittaker, D. (1996). *Quarterly Reviews*, 20, 373.
• Baritaux, O. y col. (1991). Sechage et Conservation des plantes aromatiques. *Riv. it. EPPOS* (Spec.): 417-427.
• Barrantes, J.C.; Carmona, M.; Diaz, M.; Duro, J.M.; Ling, F.; Ocampo, R.; Villalobos, R. (1994). *Diagnóstico y resultados de investigación de la región de Baja Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica* CATIE. 42 p. (Documento de trabajo Proyecto OLAFO 5).
• Baydar, A.E. y col. (1992). Perception of Characteristic axillary odors. En: *Proceedings of the 12th International Congress of Essential Oils, Viena*, Austria. 427-440.
• Behan, J. y col. (1990). Sensory Analysis in the Fragrance Industry. *Cosm. & Toil*. 105:35-39.
• Bellanato, J. e Hidalgo, A. (1971) *Infrared analysis of essential oils*. Heyden & Son Ltd., Londres.153 pág..
• Benchimol, S. (2001). The Production of Brazilian rosewood oil, copaiba balsam and tonka beans. *Proceedings of the IFEAT Congress. Buenos Aires*. Pp. 59-68.
• Bernath, J. (1986). Production ecology of secondary plants products, En: Craker L.E. y col: *Herbs, spices and medicinal plants: Recent advances in Botany, Horticulture and Pharacology*. Vol 1. Ed. Oryx Press, Phoenix. pp. 185-234.
• Bertoni, M.S. (1922/27). *La Civilización Guaraní*. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay. 3 tomos.
• Blanco Tirado, C.; Stashenko, E.E.; Combariza, M.Y. y Martínez, J.R. (1995) *J. Chromatogr. A*, 697: 501.
• Blitz J.(1969) *Fundamentos de los ultrasonidos*. Editorial Alhambra. S.A.
• Block, E. (1985). The Chemistry of garlic and onions. *Sci. American*: 114-120
• Boelens, M.H. Chemical and sensory evaluation of trace compounds in naturals. *Perfum. & Flav*. 21(1):25-31.
• Bouhlal, K. Y col. (1988). Le cade en dermatologie. *Parfums, cosm. Arômes* (83):73-82.
• Boutekedjiret, C. y col. (1997). Influence du mode d'extraction sur le rendement et la composition de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis L. Riv. it. EPPOS* (22):33-35
• Bradesi, P.; Bighelli, A.; Tomi, F.y Casanova, J. (1996a) L'analyse des mélanges complexes par RMN du Carbone-13 • Partie 1. *Canad. J. Appl. Spec*., 41(1): 15-24.
• Bradesi, P.; Bighelli, A.; Tomi, F.y Casanova, J. (1996b) L'analyse des mélanges complexes par RMN du Carbone-13 • Partie 2. *Canad. J. Appl. Spec*., 41(2): 41-50.
• Braginski, R. (1998). Buscan nuevas fragancias en una misión espacial. Diario *Clarín* (Buenos Aires), del 31 de octubre, página 60.
• Brain, K.R. y Turner, T.D. (1975) *The Practical Evaluation of Phytopharmaceuticals*. Wright-Scien-

ttechnica, Bristol. 198 pág.
• Breckler, P.N. y Betts, T.J. (1970). Relative retention time changes with temperature for the gas chromatographic idetification of volatile oil components. *J. Chromatogr*., 53: 163-170.
• *British Herbal Pharmacopoeia*.(1996). Ed. British Herbal Medicine Association, London. 212 pág.
• Brownell, L.E. y E.H. Young. (1959). *Process Equipment Design*. Ed. J. Willey & Sons.
• Brud. W.S. y J. Gora. (1980). Biological Activity of Essential oils and its possible applications. *Proceedings of the 8th International Congress of Essential Oils, Grasse, Francia*, pp. 13-23.
• Brunke, E.J. y col. (1993). Analyses "headspace" de plantes médicinales. *Parfum. Cosmet. Aromes* (110):45-56.
• Buchbauer, G. (1993). Biological Effects of Fragrances and essential oils. *Perfum & Flav*. 18(1):19-24.
• Buchbauer, G. (1996). Methods in Aromatherapy Research. *Perfum. & Flav*. 21(3):31-36.
• Buchbauer, G. y col. (1993). Fragrance Compounds and Essential Oils with sedative effects upon inhalation. *J. Pharm. Sci*. 82(6):660-664.
• Buchbauer, G. y col. (1993a). Therapeutic Properties of Essential Oils and Fragrances. En Teranishi, R. y col.: *Bioactive Volatile Compounds from Plants*. Ed. ACS, Washington, pp 159-165.
• Buchbauer, G. y col., (1991). Aromatherapy: evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. *Z. Naturforsch., C.: Biosci*. 46(11-12): 1067-72.
• Burgers, M. y van Bekkum, H. (1993). *Stu. Surf. Sci. Catal.*, 78, 567.
• Camisa, N. y C.M. Grassetti.(1994) Consideraciones prácticas para el diseño de equipos destiladores de aceites esenciales. *Anales de SAIPA* 12:35-51.
• Canevari, J.P. (1969) Some basic concepts regarding the separation of oil water mixtures. *Aisle transactions*, 12:190-198.
• Cañigueral, S.; Ibáñez, C.; Iglesias, J.y Vila, R. (1989) The leaf essential oil of *Salvia candelabrum* Boiss. *Flavour Fragr. J*., 4(3): 135-137.
• Cañigueral, S.; Iglesias, J.; Vila, R.; Virgili, A.e Ibáñez, C. (1994) The essential oil from leaves of *Salvia canariensis* L. *Flavour Fragr. J*., 9: 201-204.
• Cañigueral, S.; Vila, R. y Wichtl, M. (Eds.) (1998). *Plantas medicinales y drogas vegetales para infusión y tisana*. OEMF International srl, Milán. 606 pág.
• Cash, D.B. y col. (1971). Effect of individual components on peppermint oil flavor. *Food Technol*. 25: 53-55.
• Cavanagh, H.M.A. y J.M. Wilkinson (2002). Biological activities of Lavender essential oil. *Phytotherapy Research* 16:301-308.
• Central Institute for Nutrition and Food Research (1980) *Compilation of Mass Spectra of Volatile Compounds in Food (T.N.O.),* Utrecht.
• CIPRONA. (1986). *Evaluación ecológica de siete especies de interés industrial*. San José, Costa Rica, UCR. (mimeografiado).
• Clark, R.J. y col. (1980). Environmental and cultural factors affecting the yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). En *Proceedings of the 8th International Congress of Essential Oils, Grasse*, Francia, pp. 74-79.
• Collin, F. y col. (1991). Huiles essentielles et extraits "micro-ondes". *Parfums, Cosm. Aromes* (97):105-112.
• Cometto Muñiz, J. y col. (1995). Olfactory Adaptation. En: *Handbook of Olfaction and Gustation*. Ed. M. Decker, Nueva York, pp. 257-281.
• Corma, A., Iglesias, M. y Sánchez, F. (1995). *J. Chem. Soc. Chem. Comm*., 1635.
• Corrigan, D. (1992). *Eucalyptus* species. En: de Smet, P.A.G.M. y col.: *Adverse Effects of Herbal Drugs.1*. Ed. Springer, Berlín. pp.125-133.
• Corrigan, D. (1993). *Abies, Picea* and *Pinus* species. En: de Smet, P.A.G.M. (editor): *Adverse Effects*

of Herbal Drugs.2. Ed. Springer, Berlín. pp.91-104.
• Courrèges, M.C. y F. Benencia (2002). In vitro antiphagocytic effect of basil oil on mouse macrophages. *Fitoterapia* 73:369-374.
• Court, W.A. y col. (1993). Optimum Nitrogen Fertilizer Rate for Peppermint (*Mentha piperita* L.) in Ontario, Canada. *J. Essent. Oil Res.* 5:663-666.
• Cronquist, A. (1981). *Integrated system of classification of flowering plants.* Ed. Columbia University Press. 924 p.
• Cruz Costa, M.C., Johnstone, R.A.W. y Whittaker, D. (1996). *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 104, 251.
• Cubillo, D. y col. (1997). Mortalidad de adultos de *Bemisia tabasi* con extractos de hombre grande (*Quassia amara*). *Manejo Integrado de Plagas N° 45.* Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 25-29.
• Cunningham, R. (1997). *Análisis y Selección de Oportunidades de Negocio en la Empresa Moderna (La Gestión Desarrollo).* Ed. CYTED, Buenos Aires, 275 pp.
• Chaigneau, M (1983). Action de l'oxyde d'éthylène sur des plantes médicinales et des épices: absorption et combinaison. *Ann. Pharmac. Franc.* 41(4):385-390.
• Chaigneau, M. y B. Muraz (1986). Sur des produits résiduels de la désinfection des plantes médicinales par l'oxyde d'éthylène. *Ann. Pharm. Franç.* 44(5):339-346
• Chaigneau, M. y B. Muraz (1993). Sur la décontamination de quelques épices par l'oxyde d'éthylène. Evolution du 2-chloroéthanol et de l'éethylèneglycol au cours de la conservation. *Ann. Pharm. Franç.* 51(1):47-53
• Chalchat, J.C., y col. (1990). Chemical Composition of Natural and empyreumatic oils and Extracts from *Juniperus oxycedrus and Juniperus phonicea* wood. *J.Essent.Oil Res.*, 2, 231-236.
• Chalchat, J.C., y col. (1997). Influence of harvesting time on chemical composition of *Mentha piperita* L. essential oil. *Perfum. & Flav.* 22(4):15-21.
• Chamblee, T.S., B.C. Clark, T. Radford y G.A. Iacobucci (1985). General method for the high perfomance liquid chromatography prefractionation of essential oils and flavor mixtures for Gas chromatographic-mass spectrometric analysis. *J. of Chromatogr.* 330: 141-151.
• Chantraine, J.M. y col. (1998). Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti* larvae. *Phytotherapy Research* 12:350-354.
• Chiarello, M. y col. (1987). Studio sugli effetti di verbenone sulla produzione di prostaglandine *in vivo. Boll. Chim. Farm.* 125(11):392-394.
• Dabney, S.M. y col. (1988). Short-term crop rotation system for soybean production. *Agron. J.* 80: 197-204.
• Darbonne, L. (1993). *Patente U.S.A.* 5,252,347. (1995). *Patente U.S.A.* 5,383,396. (1997) *Patente U.S.A.* 5,702,750.
• Davies, E.W. (1987). Seed and Planting stock of herbs and spices for the tropical region. *Acta Horticult.* (208):37-43.
• Davis, M. y col.. (1988). *Nature*, 331, 698.
• Davies, N.W. (1990). Gas Chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J. Chromatography* 503: 1-24.
• De Silva, T. (1995) *A manual on the Essential Oil Industry* Ed. UNIDO, Viena. 232 páginas.
• Deans, S.G. y col. (1991). Effect of Microwave Oven and Warm-Air Drying on the Microflora and Volatile oil Profile of Culinary Herbs. *J.Ess. Oil Res.* 3:341-347.
• Deans, S.G. y col., (1993). Natural antioxidants from *Thymus vulgaris* (thyme) volatile oil: the beneficial effects upon mammalian lipid metabolism. *Acta Horticult.* (332): 177-182.
• Dellacassa, E. (1999). Comunicación personal.
• Demole, E. (1992). Parfums et chimie: une symbiose exemplaire. *L'actualité chimique* (mayo-junio): 227-237.
• Denny, E.F.K. (1991). *Field Distillation for herbaceous oils.* Ed. del autor. 249 páginas.

• De Vincenzi, M. y col. (2000). Constituents of aromatic plants: II. Estragole. *Fitoterapia* 71:725-729.
• De Vincenzi, M. y col. (2000a). Constituents of aromatic plants: II. Methyl eugenol. *Fitoterapia* 71:216-221.
• Dimandja, J.M.D y col., (2000). Application of Comprehensive two-dimensional Gas Chromatography (CGxGC) to the Qualitative Analysis of Essential oils. *J. High Resol. Chromatography* 23(3):208-214.
• Directiva del CEE 92/32/EEC. (1992). *Official J. of the European Comm*, Report L 154/3. 5 de junio de 1992.
• Domínguez, J.A. (1928). *Contribuciones a la Materia Médica Argentina*. Ed. Peuser, Buenos Aires.
• Dos Santos, S.R., y col. (1963). Ricerche sulla durata della distillazione di alcuni olii essenziali. *Riv. it. EPPOS* 535-551.
• Dürbeck, K. (1996). Design and Construction of field distillation equipment in El Salvador. *Proceedings of the 27th International Symposium on Essential Oils, Viena*, Austria. : 293-295.
• Elangovan, S.P. y col. (1995). *J. Chem. Soc. Farady Trans.*, 91, 4471.
• Elhag, H., y col. (1992). Selection and micropropagation of high artemisinin producing clones of *Artemisia annua L. Phytotherapy Research* 6: 20-24.
• Elisabetsky, E. y col. (1995). Sedative properties of linalool. *Fitoterapia* 66(5):407-414.
• Enrich, N. (1998). Uruguay exporta aceites esenciales. *Boletín Informativo COTEPA* 2(3/4).
• Esparza Borges, H. y col., (1996). Therapeutic efficacy of plant extracts in the treatment of bovine endometritis, *Acta Horticult.* (426):39-46.
• Esrchrich, W. (1983) *Pulver-Atlas der Drogen*. 4ª Ed., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart • New York
• FAO. (1987). *Informe sobre los Recursos Naturales para la Agricultura y la Alimentación en América Latina y el Caribe*. 124 pp.
• FAO. (2001). *Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros, Experiencia y principiso biométricos. Serie Productos Foresatles no Madereros*, nº 13. 124 pp.
• *Farmacopea Argentina*, VII edición (2002).
• *Farmacopea Ufficiale della Republica Italiana. Droghe vegetali e preparazioni*. De. Ministero dell Sanitá, Roma. (1992).
• Favre, R. (1971). Aceites esenciales inéditos de América Latina. *Resúmenes del III Congreso Internacional de Aceites esenciales (Brasil)*, 417-420.
• Fenaroli, G. (1971) *La Sostanze Aromatichi. I. Sostanze Aromatiche Naturali.* (1963). Ed. CRC, 2 tomos.
• Fenn, R.S., (1998). Aroma Chemicals in Tomorrow's World. *Perfum & Flav*. 23 (2): 11-20.
• Fernandes Costa, A. (1994). *Farmacognosia*. Ed. Fundación C. Gulbenkian, Lisboa. Tomo 1. 1031 pp.
• Formácek, V.y Kubeczka, K.H. (1982) *Essential oil analysis by capillary gas chromatography and carbon-13 NMR spectroscopy*. Ed. J. Wiley and Sons, Chichester. 373 pág.
• Foust, A.S. y col. (1985). *Principios de Operaciones Unitarias*. Ed. C.E.C.S.A., XVI edición.
• Francke, W. (1991). Semiochemicals: mevalogenins in systems of chemical communication. En: Müller, P.M. y col. (1991). *Perfumes: Art, Science & Technology*. Ed. Elsevier, Londres. Pp.61-99.
• Franz, Ch. y col. (1984). Influence of the growing site on the quality of *Mentha piperita* L. oil. *Acta Horticult*. (144): 145-150.
• Freedonia Group. (2001). *World Flavours & Fragrances*. Informe parcial. Ed. Freedonia Group, Cleveland.
• Fuchs, N. y col. (1997). Systemic absorption of topically applied carvone: influence of massage technique. *J. Soc. Cosmet. Chem*. 48:277-282.
• Galeotti, N. y col., (2001). Local anaesthetic activity of (+)• and (-)-menthol. *Planta Medica* 67:174-176.
• García A., H. (1953). *Esencias Naturales*. Ed. Aguilar, Madrid.
• García Fajardo, J.A. (1995). Etude comparative de trois techniques d'éxtraction des huiles essen-

tielles d'origan (*Lippia graveolens* H.B.K.) et de la Baie de piment (*Pimenta dioica* Merrill). *Tesis Doctoral Institut National Polytechnique de Toulouse,* Laboratoire de Chimie Agroindustrielle.
• García-Barriga, H. (1974). Flora Medicinal de Colombia. Botánica Médica. Talleres Editoriales de la Imprenta Nacional, Bogotá. 3 tomos.
• Garneau, F.X. y col., (1995). *Valorisation de la Biomasse Végétale par les Produits Naturels*. Ed. CRDI, Chicoutimi, Canadá. 328 pp.
• Gattefossé, R,M, (1937). *Aromatherapie*. Ed. Girardot, París, 187 pp.
• Gaviña, M. y Torner, J. (1966) *Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. I. Aceites esenciales de la provincia de Cuenca.* Ministerio de Agricultura, Madrid. 319 pág.
• Gaviña, M. y Torner, J. (1974) *Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. II. Aceites esenciales de la provincia de Guadalajara*. Ministerio de Agricultura, Madrid. 431 pág.
• Gentry, A. (1993). *Woody plants of Nortwest, South America*. Conservation International, Washington, D.C. 480 p.
• Gerard, V., V. Dumont, y A. Gaset, (1997). Extraction assistée par ultrasons. *OCL* 4(1):42-45.
• Gershenzon, J. y col. (2000). Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. *Plant Physiology* 122: 205-213.
• Ghelardini, C. y col., (2001). Local anaesthetic activity of monoterpenes and phenylpropanoids of essential oils. *Planta Medica* 67:564-566.
• Ghelardini, C. y col., (2001a). Local anaesthetic activity of β-caryophyllene. *Il Farmaco* 56:387-389.
• Giacchetti, D. y col. (1988). Pharmacological activity of essential oils on Oddi's sphincter. *Planta Medica* (5): 389-392.
• Giannetto, G. (1993). "Zeolitas: Características, Propiedades y Aplicaciones Industriales", en F. Machado y C.M. López (Ed),"Tamices Moleculares. 1er. Curso Iberoamericano del CYTED SubprogramaV",Ed. INTEVEP, Caracas, p. 25 • 49.
• Girault, L. (1984). *Kallawaya: Guérisseurs itinérants des Andes*. Ed. ORSTOM, París, 669 pp.
• Gliessman, S.R..(1989) *Agroecolgy. Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer• Verlag, Berlín.
• Gokhale, H. (1980). Selection of Equipment for Hydrodistillation of Various Materials. *Proceedings of the 8th International Congress of Essential Oils, Grasse, Francia*, pp. 239-244
• González, S. (1999). Comunicación personal.
• Grainge, M. y Ahmed, S. (1989). *Handbook of plants with pest control properties*. Ed. Wiley Interscience Publication. 244 p.
• Granger, R.J. y col. (1972). L'essence de *Rosmarinus officinale* L. II. Influence des facteurs écologiques et individuelles. *Parfum. Cosmet. Savons France* 3(6):307-312.
• Griffin, S.G. y col. (1999). The role of structure and molceular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Flavour and Fragrance* J. 14: 322-332.
• Gritter, F., Jr. (1986). Citrus embryogenesis in vitro: culture initiation, plant regeneration, and phenotypic characterisation *(Abstract). Disertation Abstracts International, B-Sciences and Engineering* 47, 1357B. pp.169.
• Guarrera, P.M. y col. (1995) Antimycotic activity of essential oil of *Lippia citriodora* Kunt (*Aloysia triphylla* Britton). *Riv It EPPOS* 15: 23-25.
• Guba, R. (2000). Toxicity myths: the actual risks of essential oil use. *Perfum. & Flav.* 25:10-28.
• Gulati y col. (1982). Biological application of essential oils. *Indian Perfumer* 26(2/4):241-248.
• Gulati, A.C. y col. (1978). Effect of period of harvest on the yield and quality of oil of *Mentha piperita* Linn. *Indian J. Pahrm. Sci*. 40:88-90.
• Günther, Ernest. *The Essential Oils*. (1948/51). Ed. Krieger Publ. Co, Florida. 6 tomos. Reedición de 1972.
• Gupta, M. (1987). Essential oils: a new source of bee repellents. *Chemistry and Industry* (March 2): 162-163.

• Gupta, M.P. ed. (1995). *270 plantas medicinales iberoamericanas*. Santafé de Bogotá, Colombia, CYTED. 617 p.
• Gustafson, R. (1998). Nature's Cleaning Solution, d-limonene. *Happi* (11): 90.
• Guth, J. Y Caullet, P. (1986). *J. Chimie Physique*, 83, 155.
• Harkenthal, M. y col. (2000). 1,2,4-trihydroxi menthane, a contact allergen from oxidized Australian tea tree oil. *Pharmazie* 55: 153-154.
• Haro Guzmán L. (1969). *El aceite esencial de limón mexicano* Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.
• Hartmann, H. (1995). Flavors: A Business with Taste!. *Perfum. & Flav*. 20(5):35-39.
• Hartmann, H. (1996) Scent and Taste. *Perfum. Flav*. 21:21-23
• Haussen, B.M. y col. (1984) Über das Sensibilisierungsvermögen von Compositenarten. *Planta Medica* (3): 229-234.
• Heller, S.R. y G.W.A. Milne. (1978, 1980, 1983). *EOA/NIH Mass Spectral Data Base*. US Government Printing Office, Washington DC.
• Herman, S. (2000). Main attraction. *Global Cosm. Ind.* 167(6): 54-55.
• Hieronymus, J. (1882) *Plantas Diafóricas-Flora Argentina*. Ed. Atlántida, Buenos Aires.
• Hölderich, W., Hesse, M. y Näumann, F. (1988). *Angew. Chem. Int. Ed.Engl*., 27, 226.
• Homburger, F. y col. (1988). The Carcinogenicity of Essential Oils, Flavors and Spices: A review. *J. Cancer Research* 28:2372-2374.
• Horne, D. y col. (2001). Antimicrobial effects of essential oils on *Streptococcus pneumoniae. J. Essent. Oil Res*. 13:387-392.
• Hornok, L. (1983). Influence of nutrition on the yield and content of active compounds in some essential oil plants. *Acta Horticult*. (132):239-248.
• Horsley, J. y col. (Eds) (1992). "Catalytic Studies", Nº 4192 MS, p. I-1-89: Nonaluminosilicates Molecular Sieves (1992).
• House, P.R. y col.. (1995). *Plantas medicinales comunes de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras, UNAH/CIMN-H/CID-CIIR/GTZ. 555 p.
• http://pw1.netcom.com/~bcb56/fpin.htm
• Hudaib, M. y col. (2002). GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. *J. of Pharmaceutical and Biomed. Analysis* 29:691-700.
• IASCAV. (1992). *Normas Argentinas de Producción Orgánica de Origen Vegetal*. SAGyP. Buenos Aires, Argentina.
• Ibáñez, C. (1998) La normalización internacional de los aceites esenciales. *UNE*, 122: 7-9.
• Ibáñez, C. (1999) The sweet smell of standards. *Perfumer & Flavorist*, 24: 25-30.
• IFEAT (2002). Proceedings of the International Conference on Essential Oils and Aromas, Buenos Aires. Versión en CD.
• IFOAM. (1992) *Basic Standards of Organic Agriculture and Food Processing*. International Federation of Organic Agriculture Movements, Tholey-Theley, Alemania.
• IFRA. (1999). *Code of Practice*. Edición actualizada a 1999, de la International Fragrance Asssociation, Ginebra.
• Inderjit, K. y col. (1995). *Allelopathy. Organisms, Processes and Applications*. Ed. ACS, Washington, 381 pp.
• Internet: direcciones: www.hort.purdue.edu/newcrop/default.html ; www.rbgk.org.uk ; www.spothadea.ots.ac.cr ; www.vetiver.org
• IOFI (1999). *Code of Practice*. Edición actualizada a 1999, de la International Organization of the Flavour Indsutry, Ginebra.
• IRAM (1995). *Norma nº 20002*: Análisis sensorial: Directivas generales para metodología. *Norma nº 20003*: Análisis sensorial: Guía para la instalación de locales de ensayo. *Norma nº 20004*: Análi-

sis sensorial: Metodología: Método de investigación de la sensibilidad del gusto. *Norma nº 20006*: Análisis sensorial: Metodología: Iniciación y entrenamiento de los evaluadores en la detección y reconocimiento de olores. *Norma nº 20005-1*: Análisis sensorial: Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los evaluadores. Parte 1: Evaluadores seleccionados. *Norma nº 20005-2*: Análisis sensorial: Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los evaluadores. Parte 2: Expertos.
• Isaac, O. (1979).Pharmakologische Untersuchungen von Kamillen inhaltsstoffen. I *Planta Medica* 35:118-124.
• Isidorov, V.A. y col. (2001). Gas Chromatographic analysis of essential oils with Preliminary partition of components. *Phytochemical Anal*. 12:87-90.
• ISO (1998). *Essential oils - General guidance on chromatographic profiles. Partes 1 y 2.* (ISO 11024-1 y 11024-2).
• Jäger, W. y col., (1992). Evidence of the sedative effect of neroli oil, citronellal and phenyl ethyl acetate on mice. *J. Ess. Oil Res.* 4:387-394.
• Jäger, W. y col., (1996). Pharmacokinetics studies of the fragrance compound 1,8-cineol in humans during inhalation. *Chemical Senses* 21:477-480.
• Jakovlev, V. y col. (1979). Pharmakologische Untersuchungen von Kamillen inhaltsstoffen. II. *Planta Medica* 35:125-140.
• Jakovlev, V. y col. (1983).Pharmakologische Untersuchungen von Kamillen inhaltsstoffen. VI. *Planta Medica* 49(2):67-73.
• Janssen, A.M. y col. (1987). Antimicrobial activities of essential oils. *Pharm. Weekbl*. Sci. Ed. (9):193-197.
• Jellinek, J.S. (1978). Fixation in perfumery. What we understand. *Perfum. & Flav*. 3(2):27-31.
• Jellinek, J.S. (1994). ación e importación argentina de aceites esenciales en 1996-1997. Aromachology: a status review. *Perfum & Flav*. 19 (5):25-49.
• Jellinek, J.S. (1997). Psychodynamic odor effects and their mechanisms. *Perfum & Flav*. 22 (5): 29-41.
• Jen, J.J. (1989). (editor) *Quality factors of fruits and vegetables. Chemistry and Technology.* Ed. A.C.S. Serie Symposium. Nº 405. pp. 12-70.
• Jennings, W y T. Shibamoto. (1980). *Qualitative Analysis of Flavour and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography.* Ed. Academic Press, Nueva York.
• Juárez, M.A. y col. (1998). Evaluación de la exportación e importación argentina de aceites esenciales en 1996-1997. *Resúmenes del XII Congreso Nacional de Recursos Naturales Aromáticos y Medicinales*, Córdoba, noviembre de 1998.
• Juárez, M.A. y M.A. Elechosa. (1999). Argentinian Citrus essential oils. 1992-1996. *Perfum. & Flav*. 24(1):1-4.
• Kaiser, R. (2000). Scents from Rain Forests. *Chimia* 54(6):346-363.
• Kajiwara, T., y col. (1993). Volatile Compounds from Japanese Marine Brown Algae. En Teranishi, R. y col.: *Bioactive Volatile Compounds from Plants*. Ed. ACS, Washington, pp 103-120
• Kartnig, Th. (1993). Microwave Drying of medicinalplants. Preliminary Results. *Planta Medica* (Supl.): 135.
• Kelm, M.A. y col. (1997). Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia. International J. of Pharmacognosy* 35(2):84-90.
• Kirk-Smith, M. (1995a). Replacement of chronic drug treatment for insomnia in psychogeriatric patients by ambient odour. *The Lancet* 346:701.
• Kirk-Smith, M. (1997). Olfactory Development: the constraints imposed by the system and their implications. *Enfance*: 1:84-97.
• Kirk-Smith, M.D., (1995). Culture and Olfactory Communication. En A. Gardner y col.: *Ethologi-*

cal Roots of Culture. Ed. Kluwer Academic Press, pp. 385-406. Según una comunicación personal del autor.
• Kirk-Smith, M.D., (1999). *Therapeutic Uses of olfaction*. Manuscrito enviado por el autor.
• Knobloch, K. y col. (1989). Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oil Components. *J. Ess. Oil Research* 1(3): 119-127.
• Koedam, A. y A. Looman. (1980). Effect of pH during distillation on the composition of the volatile oil from *Juniperus sabina. Planta Medica* (supl.):22-28.
• Kohlert, C. y col., (2000). Bioavailability and Pharmacokinetics of Natural Volatile Terpenes in Animals and Humans. *Planta Medica* 66:495-505.
• Kovar, K.A. y col. (1987). Blood leves of 1,8-cineol and locomotor activify of mice after inhalation and oral administration of rosemary oil. *Planta Medica* 28:315-318.
• Kováts, E. (1958) Gas-chromatographische Characterisierung organischer Verbindungen. Teil 1: Retentionsindices aliphatischer Halogenide, Alkohole, Aldehyde un ketone.. *Helv. Chim. Acta*, 41(7): 1915-1932.
• Kresge, C. y col. (1992). *Nature*, 359, 710.
• Krikorian, A.D. (1994). *In vitro* culture of plantation crops. En: Vasil, I. y col. (Eds.) *Plant Cell and Tissue Culture*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Doprdrecht, Holanda. pp 497-537.
• Kubeczka, K.H. (1985) Progress in isolation techniques for essential oil constituents. *En* Vlietinck, A.J.; Domisse, A. (Eds.) *Advances in Medicinal Plant Research*. Wissenchaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
• Kukreja, A.A., y col. (1991). Screening and evaluation of agronomically useful somaclonal variations in Japanese mint (*Mentha arvensis*). *Euphytica*, 53:183-191.
• Lacy, M.L. y col. (1981). *Mint Production in the Midwestern United States*. North Central Regional Extension Publication nº 155, USDA. 18 pp.
• Lawrence, B. (1985). A review of the world production of essential oils (1984). *Perfumer & Flav*. 10 (5):1-15.
• Lawrence, B. (1985a). Uncommon essential oils as sources of common natural aroma chemicals. *Perfum. & Flav*. 10(5):45-58.
• Lawrence, B. (1986). Essential oil production: A discussion of influencing factors,. En: Parliament, T.H. y col.: *Biogeneration of aromas*. ACS Symposium Series 317 Ed. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 363-369
• Lawrence, B. (1992). Essential oils as sources of natural aroma chemicals. *Perfum. & Flav*. 17(5):15-28.
• Lawrence, B. (1995). *Essential Oils 1992-1994.* Ed. Allured Publ. Corp., Illinois. 219 pp.
• Lawrence, B.(1979). Commercial production of non citrus essential oils in North America. *Perfum. & Flav*. 3:21-33.
• Lawrence, B.M. (1993). A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. En: Janick, J. y col.: *New crops*. Ed. Wiley, Nueva York. p. 620-627.En Internet: www.hort.purdue.edu / newcrop / proceedings1993 / v2-620.html
• Lempers, H.E.B. y Sheldon, R.A. (1996). *Appl. Cat. A: General*, 143, 137.
• Li, T. S. C. (1994). Use of Stinging Nettle as a Potential Organic Fertilizer for Herbs. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 2(2): 93-98.
• Linskens, H.F. y J.F. Jackson (editores) (1997). *Plant Volatile Analysis*. Ed. Springer, Berlín. 266 pp.
• Lis-Balchin, M., Deans S.G. y Eaglesham E. (1998). Relationship between Bioactivity and Chemical Composition of Commercial Essential oils. *Flavour and Fragrance J.* 13: 98-104.
• Lis-Balchin, M. y S.G. Deans (1998). Studies on the Potential usage of mixtures of plant essential oils as synergistic antibacterial agents in foods. *Phytotherapy Research* 12:472-475.
• Lis-Balchin, M. y S. Hart. (1999). Studies on the mode of action of the essential oil of Lavender

(*Lavandula angustifolia* P. Miller). *Phytotherapy Research* 13:540-542.
• López, C.M. y col. (1998) Appl. Catal. A, General , 4279, 1.
• López, S. (1992). *Diagnóstico de la extracción de Pimienta (Pimenta dioica L.) en la Reserva de la Biosfera Maya*. Tesis Ing. Agr. Petén, Guatemala. 93 p.
• Lücke, W. (1993). Microwave Drying of Medicinal Plants. Technical Aspects. *Planta Medica* (Suppl.): 135.
• Lydon, J. y S.O. Duke. (1989). *The Potential of Pesticides from Plants*. En *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany, Horticulture and Pharmacology*. Vol. 4, Ed. Oryx Press, Phoenix. pp. 1-41.
• Machado, F. (1993). "Tamices Moleculares", en Machado, F. y López, C.M. (Ed),"Tamices Moleculares. 1º Curso Iberoamericano del CYTED Subprograma V", Ed. INTEVEP, Caracas, p. 1 • 24.
• Mafart, P. y E. Béliard, 1992, *Génie Industriel Alimentaire, Tome II Techniques séparatives*. Ed. Technique et Documentation-Lavoisier / Apria. París, Francia.
• Maia, J.G. y col. (1993). New Sources of Natural Safrole. *Perfum & Flav*. 18(2):19-22.
• Malcolm, Ch. (1994). *Drug and Cosmetic Industry* (May) 24.
• Manheimer, S.R. (1973). Aceites esenciales de América del Sur. *Cosm. and Perfum.* (noviembre): 27-30.
• Mann, C.M. y col. (1998). A new method for determining the minimum inhibitory concentration of essential oils. *J. of Appl. Microbiology* 84:538-544.
• Marriott, P. y col., (2000). High resolution essential oil analysis by using comprehensive gas chromatographic methodology. *Flavour and Fragrance J.* 15: 225-239.
• Mathur, A., y col. (1988). Screening and evaluation of somaclonal variations for quantitative traits in an aromatic grass, *Cymbopogon winterianus* Jowitt. *Plant Breeding*, 101: 321-334.
• Maurer, B. y col. (1994). Alkaloids, bases and essential oils. *Perfum. & Flav*. 19(2):19-27.
• Maurin, M. (1980) Tomorrow-perfumes or just odors? *Perfum & Flav*. 5 (3): 10-14.
• Mckillop, A. y Young, D.W. (1979). Synthesis, 1979, Nº 6, 401 (Part I); Nº 7, 481 (Part II).
• McLafferty, F.W. (1993) *Registry of Mass Spectral Data*, John Wiley and Sons, New York.
• Merrouche, A. y col. (1992). *Zeolites* 12, 226.
• Méry, A. y col. (1967), Evolution des nuisances du travail dans l'industrie de la fabrication des huiles essentielles. *Archiv. Mal. Prof.* 109-111.
• Miralles, J. (1998). Distilled Labiatae oils from Spain. *Pefum & Flav*. 23(3):15-17.
• Miraldi, E. y col. (2001). Quality control of aromatic drugs reported in European Pharmacopoeia 3rd edition. *Il Farmaco* 56: 365-371.
• Miyakado, M. y col. (1997). Natural Products as Leads in Structural Modification Studies yielding New Agrochemicals. En Hedin y col.: *Phytochemicals for Pest Control*, Ed. ACS, Washington, 168-182.
• Molaro, R. (2000). Beyond bath. *Global Cosm. Ind.* 166(4):40-45.
• Molaro, R. y V. Sanabria. (2000). Y2K in review. *Global Cosm. Ind*. 167(6):18-27.
• Montenegro, P. de (1945). *Materia Médica Misionera*. Reedición de la Imprenta de la Biblioteca Nacional, Buenos Aires .
• Montes de Oca, I. (1997). *Geografía y Recursos Naturales de Bolivia*. Ed. Edobol, La Paz, Bolivia. 615 pp.
• Montes, M. y T. Wilkomirsky. (1987). *Medicina Tradicional Chilena*. Ed. Univ. de Concepción, Chile. 205 pp.
• Mookherjee, B.D. y col. (1993). New insight in the three most important natural fragrance products: wood, amber and musk. En: *Proceedings of the 12th International Congress of Essential Oils, Viena* (Austria). Pp. 234-262.
• Mookherjee, B.D. y col. (1993). Semio activity of flavor and fragrance molecules on various insect species. En Teranishi, R. y col.: *Bioactive Volatile Compounds from Plants.* Ed. ACS, Washington, pp 35-48.
• Morales, J.C. (1981). Liniment composition and applicator therefor. *Patente de EEUU de N. nº 4,270,526.*

• Morris, Ch. (2000). The global supply position for turpentine. *Actas de Aroma Chemicals 2000 & beyond, IFEAT, Florida*: 17-31.
• Morton, J.F. (1981). *Atlas of medicinal plants of Middle America.* Ed. Springfield, Charles Thomas Publisher. 880 p.
• Moy, L. y col. (1991). Capteurs à semi-conducteur et détection des odeurs. *Parfums, cosmetiques, aromes* (99): 58-60
• Muckensturm, B.M. y col. (1997). Phytochemical and Chemotaxonomic studies of *Foeniculum vulgare. Biochem. System. And Ecol.* 25(4):353-358.
• Müller, C.H. (1970). *Amer. Midw. Natur.* 83:254. ver: Brud y col. (1980).
• Müller, J. y W. Mühlbauer. (1993). Drying of Medicinal Plants with Solar Energy. *Planta Medica* (Supl.): 136.
• Müller, P.M. y col. (1992). What makes a fragrance substantive?. En: *Proceedings of the 12th International Congress of Essential Oils, Viena*, Austria. 417-426.
• Muni Ram, Sushil Kumar. (1996). The Production and Economic Potential of Cropping Sequences with Medicinal and Aromatic Crops in a Subtropical Environment. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 4 (2): 23-29.
• Muraz, B y M. Chaigneau. (1985). Sur la décontamination des épices par l'oxyde d'éthylène. Cas du girofle (*Eugenia caryophyllus* Spreng.) et du poivre blanc (*Piper nigrum* L.). *Ann. Pharm. Franç.* 43(1):15-21
• Neotronic Scientific (1996). An Introduction to Electronic Nose Technology. Folleto de la empresa.
• Nikelly, N. (Ed.) (1986) *Advances in capillary chromatography*. Ed. Hüthig, Heidelberg. 138 pág.
• Nomura, M., Fujihara, Y. y Takata, H. (1993 a). *Chemistry Express*, 8, 693.
• Nomura, M. y Fujihara, Y. (1986). J. Chem. Soc. *Jp. Chem. & Ind.Chem.(Nippon Kagaku Kaishi)*, 217.
• Nomura, M., Inoue, T. y Fujihara, Y. (1992 b). *ibid.*, 388.
• Nomura, M., Inoue, T. y Fujihara, Y. (1992 e). *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 66, 999.
• Nomura, M., y col. (1997 a). *ibid.*, 46, 58
• Nomura, M., y col. (1992 a). *J. Chem. Soc. Jap Chem. & Ind.Chem.(Nippon Kagaku Kaishi)*, 1992, 63.
• Nomura, M., y col. (1992 c). *ibid.*, 657.
• Nomura, M., y col. (1993 b). *J. Chem. Soc.Jp.Chem. & Ind..Chem. (Nippon Kagaku Kaishi)*, 1175.
• Nomura, M., y col. (1994 a). *J. Jpn. Oil Chem. Soc. (Yakagaku)*, 43, 1089.
• Nomura, M., y col. (1994 b). *ibid.*, 43, 724.
• Nomura, M., Yomono, Y., Hisatomi, S., Imanaga, K., Fujihara, Y., Tajima, K. y Otani, T. (1997 b). *ibid.*, 46, 429.
• Nomuray, M. y Fujihara, Y. (1992 d). *Chemistry Express*, 7, 121.
• Nonino, E.A. (1997). Where is the Citrus industry going? *Perfum. & Flav.* 22 (2):53-58.
• Nouene, L. (1967). Contribution a l'etude de l'absorption et de l'elimination des balsamiques et de certaines huiles essentielles. *Rev. De Pathol. Comprar.* 622-640.
• O'Brien, T. A. y col. (1996). Growth of peppermint in compost. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants.* 4(1) : 19-27.
• Ocampo, R. (1995). Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. *Actas de la Reunión celebrada en CATIE/Turrialba* del 7 al 10 de noviembre de 1994. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 186 p.
• Ocampo, R. y Maffioli, A. (1987). *El uso de algunas plantas medicinales en Costa Rica.* San José, Costa Rica.
• Ohashi, S.T. y col. (1997). Brazilian Rosewood oil: Sustainable production and oil quality management. *Perfum. & Flav.* 22 (2): 1-5.
• Ohloff, G. (1977). The importance of minor components in flavors and fragrances. En *Proceedings of the 7th International Congress of Essential Oils, Kyoto (Japón).* Pp. 69-74.

• Ohloff, G. (1990). Riechstoffe und Geruschssinn. De. Springer, Berlin. De: Chastrette, M. (1992). L'art de la parfumerie: des fleurs aux prouidts de synthèse. *L'actualité chimique* (Mayo-junio): 257-264.
• Olivero, J. y col. (1997). Molecular structure and Gas Chromatographic rentention behavior of the components of Ylang-Ylang oil. *J. Phram. Sci.* 86(5):625-629.
• Oosterhaven, K., y col., (1996) Comparative study on the action of S-(+)-carvone, in situ, on the potato storage fungi *Fusarium solani* var. *corruleum* and *F. sulphureum. J. Appl. Bacteriology* 80:535-539.
• PADETEC. (1999). *Essential oils from Brazilian plants.* CD-ROM.
• Panizza, M. y col. (1990). *In vitro* propagation of lavandin: Morphological changes in regenerated plants. *Acta Horticulturae* 280: 463-466.
• Pank, F. y col. (1986). Chemische Unkrautbekämpfung in Arsneipflanzenkulturen. *Pharmazie* 41:47-52.
• Paun, E. y col. (1966). *Analele I.C.C.P.T. Fundulea*, vol. XXXIV, serie B.: 668. Bucarest.
• Payne, P. (1994) *Ultrasonic transducers: designes, construction and applications*. Advances in materials technology monitor UNIDO 35/1994/I.
• Perineau, F. y col. (1991). Hydrodistillation du fruit de coriandre. *Parfums cosmétiques arômes* (98):79-84.
• Perot, G. y Guisnet, M. (1990). *J. Mol. Catal*., 61, 173.
• Perry, R.H. (1984). *Perry's Chemical Engineers'Handbook.* VIº edición. Ed. McGraw Hill. N.Y.
• Perry, N.S.L. y col., (2002). *Salvia lavandulaefolia* essential oil inhibits cholinesterase *in vivo. Phytomedicine* 9: 48-51. Ver también: *J. of Pharm. and Pharmacol*. 53:1347-1356 (2001) y *J. Pharm. and Pharmacol*. 52:895-902 (2000).
• Peyron, L., y col. (1981). The indole in jasmine concrete. *Riv. it. EPPOS* 63(3):153-159.
• Peyron, L..(1975). Les essences rares en Parfumerie. Presentación hecha en las *II1 Jornadas de Iniciación a la Perfumería.* Barcelona, 3 y 4 de junio.pp 1-27.
• Piccaglia R. y col., (1993). Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Acta Horticult*. 344): 29-40.
• Pío Correa, M. (1984). *Diccionário das Plantas Uteis do Brasil.* Ed. Ministerio de Agricultura, Brasil. 6 tomos.
• Pizzale, L. y col. (2000). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils with different botanical origin. *Actas del XXIII International Symposium on Capillary Chromatography, Riva del Garda*, 6-9 junio.
• Plocek, T. (1998). Turpentine: a global perspective. *Parfum & Flav*. 23 (4):1-6.
• Praszna, I. y col., (1993). Correlation between the limited level of nutrition and the essential oil production of peppermint. *Acta Horticult.* (344): 278-289.
• Primo, V. y col., (2001). Determinación de la actividad antibacteriana y antiviral del aceite esencial de *Minthostachys verticillata* (Griseb.) Epling. *Revista Argentina de Microbiología* 33(2).
• Ramezani, H. y col. (2002). Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora. Fitoterapia* 73: 261-262.
• Rao, P. y col.. (1984). Regulatory factors for *in vitro* multiplication of sandalwood tree (*Santalum album* L.). II. Plant regeneration in nodal and internodal stem explants and occurrence of somaclonal variations in tissue culture raised plants. *Proceeding, Indian National Science Academy, B-Biological Sciences*, 50: 196-202.
• *Real Farmacopea Española* (1997) 1ª Edición. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid (1949 pág.). Suplementos 1998 y 1999. 1527 pág.
• Ristorcelli, D.; Tomi, F.y Casanova, J. (1997) Enantiomeric differentiation of oxygenated monoterpenes by carbon-13 NMR in the presence of chiral lanthanide shift reagent. *J. Magn. Reson. Anal.*, 3: 40-34

• Ristorcelli, D.; Tomi, F.y Casanova, J. (1998) ^{13}C-NMR as a tool for identification and enantiomeric differentiation of major terpenes exemplified by the essential oil of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas. Flavour Fragr. J.*, 13: 154-158.
• Rizzo, I. y col. (1999). Production of aflatoxins on medicinal herbs. *Acta Horticulturae* (503):101-104.
• Rodano, C.. *Industria e Commecio degli Derivati Agrumi*. e.f. Di Giacomo, A., Gli Oli Essential degli Agumi.
• Rodríguez Avalos, F. y M.R. Rodríguez Espejo. (1991). Substancias volátiles de algunas especies del género *Dictyopteris (Phaeophyta). Arnoldoa (Perú)* 1(2):101-106.
• Rouviere A. y M. C. Meyer (1983). *La santé par les huiles essentielles* Ed. M.A. .
• Rozat, J.P. y col. (1996). Thought on essential oils and aroma chemicals for flavors and fragrances. *Perfum & Flav*. 21(2):13-19.
• Sacco, T. (1987), Comportamento della *Mentha piperita* (Italo Mitcham) al fotoperiodismo del 22º lat. Suc (Brasilia). *Ess. Der. Agrum*. 57(3):535-539.
• Saijo, R. y T. Takeo (1975). Increase of cis-3-hexen-1-ol content in tea leaves following mechanical injury. *Phytochemistry* 14 : 181 :182.
• Salgueiro, L.R. (1995) *Os tomilhos portugueses e os seus óleos essenciais*. Tesis doctoral. Universidade de Coimbra, Portugal.
• Sallé, J.L. y J. Pelletier. *Les huiles essentielles* Editions Frison. Roche, pp16-18.
• Sandra, P.y Bicchi, C. (Eds.) (1987) *Capillary gas chromatography in essential oil analysis*. Ed. Hüthig, Heidelberg. 435 pág.
• Santos, F.A. y V.S.N. Rao. (2000). Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1,8-cineole a Terpenoid oxide present in many essential oils. *Phytotheraphy Research* 14:240-244.
• Scott Gallaher, R. (1993). The Status of Terpene Cleaners as replacements for restricted solvents in industrial metal cleaning applications. *Naval Stores Review* (2):11-15.
• Scheffer, J.J.C. Koedam, A.y Baerheim-Svednsen, A. (1976). Occurrence and prevention of isomerization of some monoterpene hydrocarbons from essential oils during liquid-solid chromatography on silicagel. *Chromatographia*, 9(9): 425-432.
• Scheffer, J.J.C. Koedam, A.y Baerheim-Svednsen, A. (1977). Improved gas chromatographic analysis of naturally occurring oxygen containing monoterpenes following pre-fractionation by liquid-solid chromatography. *Chromatographia*, 10(11): 669-677.
• Scheffer, J.J.C.y Baerheim-Svednsen, A. (1975). Improved gas chromatographic analysis of naturally occurring monoterpene hydrocarbons following pre-fractionation by liquid-solid chroamtography. *J. Chromatogr.*, 115: 607-611.
• Schilcher, H. y M. Habenicht. (1997). A new method for the determination of organochlorine pesticides in essential oils with results of analysis of 110 essential oil samples and 10 medicinal products. *Proceedings of the 27th International Symposium on Essential Oils (Vienna)*. Ed. Allured Publ. Co. 342 pág.
• Schilcher, H. y M. Habenicht. (1998). New analytical method for the detection of organochlorine pesticides in essential oils and results of the investigation in 110 commercial essential oil samples and finished drugs. Part 5. On hazardous contaminant contents in plants drugs and drug preparations. *Pharm-Ind*. 60(3):249-252.
• Schilcher, v.H. (1984). Ätherische Öle • Wirkungen und Nebenwirkungen. *D. Apoth. Ztg*. 124 (29): 3-23.
• Schilcher, v.H. (1986). Pharmakologie und Toxikologie Ätherische Öle . *Therapie Woche* 36:1100-1112.
• Schreier, P. (1984) *Chromatographic studies of biogenesis of plant volatiles*. Ed. Hüthig, Heidelberg. 171 pág.
• Sell, Ch. (2001). Cracking the code: how does our sense of smell work?. *Perfum. & Flav*. 26: 2-7.
• Severino, A., Esculcas, A., Rocha, J., Vital, J. Y Lobo, L.S. (1996). *Appl. Cat.*, 142, 255.

• Shinde, U.A. y col. (1999). Studies on the anti-inflammatory and analgesic activity of *Cedrus deodara* (Roxb.) Loud. Wood oil. *J. of Ethnopharmacol*. 65:21-27.
• Simon, J.E. (1990). Essential oils and culinary herbs,. En: Janick, J. y col.: *Advances in new crops*. Ed. Timber Press, Portland. pp. 472-483
• Smallfield, B.M. y col., (2001). Coriander spice oil: effects of fruit crushing and distillation time on yield and composition. *J. Agric. Food Chem.* 49:118-123.
• Smith, M., y col.. (1990). Current applications of tissue culture in plant propagation and improvement. *Australian Journal of Plant Physiology,* 17: 267-289.
• Smith, M.D. y col., (1996). A new protocol for antimicrobial testing of oils. *Acta Horticult.* (426): 31-37.
• Soh, M. y G.W. Stachowiak (2002). The application of cineole as a grease solvent. *Flavour and Fragrance Journal* 17: 278-286.
• Sommer, H. (2000). Métodos modernos de análisis de sustancias naturales. *H&R Contact* (1): 3-7.
• Somogyi, L.P. (1995). The flavour and fragrance industry: serving a global market. *Chem. & Industry* (4 March): 170-173.
• Southwell, I.A. y col. (1996). Is cineole detrimental to tea tree oil? *Perfum. & Flav*. 21(5):7-10.
• Stahl, E.; Dumont, E.; Jork, H.; Kraus, Lj.; Rozumek, K.E. y Schorn, P.J. (1975). *Analyse Chromatographique et Microscopique des Drogues*. Entreprise Moderne d'Edition • Technique et Documentation, París.
• Stanislaus, A. y Yeddanapall, L.M. (1972). *Can. J. Chem*., 50, 61.
• Stashenko, E.E.; Puertas, M. y Combariza, M.Y. (1996). *J. Chormatogr. A,* 725: 223.
• Steinberg, D. (2002). European Cosmetic Regulatory Update. *Perfum & Flav*. 27:40-46.
• Steiner, R. (1993). Carbon Dioxide's expanding role. *Chemical Engineering* (March):114-119.
• Stenhagen, E y col. (1974). *Registry of Mass Spectral Data.* Ed. John Willey, Nueva York.
• Stern, K. y col. (1998). Regulation of ovulation by human pheromons. *Nature* (392):177-179.
• Stuart Clark IV, G. (1998). Menthol. *Perfum.& Flav*. 22 (5): 33-46.
• Stuart Clark IV, G. (1998a). Geraniol. *Perfum.& Flav*. 22 (3): 19-25.
• Svoboda, K.P. y col. (1995). Biological activities of essential oils from selected aromatic plants. *Acta Horticult*. (390): 203-209.
• Szelenyi. I. y col. (1979).Pharmakologische Untersuchungen von Kamillen inhaltsstoffen. III *Planta Medica* 35:218-227
• Szmant, H. (1986). Industrial Utilization of Renewable Resources. Ed. Technomic Publ., Lancaster.
• Tanida, M. y col. (1992). Application of aromatherapy to cosmetics (1). Effect of odor on cardiac reponse patterns during a fore period in reaction time task. J. SCCJ 26(3):113-9. *De Chem Abstr*.: 119: 79805.
• Tètènyi, P. (1966). *Herba Hung*., 5: 2-3, 100-111.
• Tètènyi, P. (1970). *Infraspecific Chemical Taxa of Medicinal Plants*. Ed. Akadémiai Kiadó, Budapest. 225 pp.
• Tètènyi, P. (1986). Chemotaxonomic aspects of essential oils. En Craker, L. y col.: *Herbs, Spices and Medicinal Plants*. Ed.Oryx Press, Nueva York. Pp.11-32.
• Thomas, A.F. y col. (1992). Alkaloids, bases and essential oils. En: *Proceedings of the 12th International Congress of Essential Oils, Viena,* Austria. 373-385..
• Tisserand R. y col. (1995). *Essential Oils Safety*. Ed. Churchill Livingstone, Edinburgh,279 pp.
• Tivy, J.. (1990). *Agricultural Ecology.* Longman Scientific & Technical.
• Tomi, F.; Bradesi, P.; Bighelli, A. y Casanova, J. (1995) Computer-aided identification of individual components of essential oils using carbon-13 NMR spectroscopy. *J. Magn. Reson. Anal.*, 1: 25-34.
• Trabace, L. y col. (1992). Choleretic activity of some typical components of essential oils. *Planta Medica* 58(Supl.):A650-A651.
• Trease, G. y col. . (1986). *Tratado de Farmacognosia*. Ed. Interamericana. 12ª Ed. Madrid.

• Turin, L. (1997). The nose as spectroscopist. *Chem. & Ind*. (3 november): 866-870.
• Unites States Plant Patent nº 8645 (15 de marzo, 1994). Ver también: patentes de plantas nº 9197, 10935, 11615, 11788, 12030, 12426, etc.
• USDA. (1992/2002). *Estadísticas de importación y exportación de especias y aceites esenciales*. Datos obtenidos a través de Internet: www.fas.usda.gov.
• Valenzuela, L.; Vila, R.; Cañigueral, S.y Adzet, T. (1992) The essential oil of *Sphacele chamaedryoides*. *Planta Med*., 58(3): 273-274.
• Valnet, J. *Aromatherapie*. (1990) Ed.Malone, París, 544 pp.
• Van Beek, T.A. y col. (1987). Terpenoid antifeedants, part I. An overview of terpenoid antifeedants of natural origin. *Recueil des Travaux chim. des Pays Bas* 105(12):513-527.
• van der Waal, J.C., van Bekkum, H. y Vital, J.M. (1996). *J. Mol. Catal.* A: Chemical, 105, 185.
• Venstrom, D. y col. (1968). Olfactory Threshold in relation to age, sex or smoking. *J. of Food Sci*. 33:264-265,
• Verlet, N. (1991) Huiles essentielles: production mondiale, echanges interantionaux et evolution des prix. *10º Jornadas Internacionales de aceites esenciales, Digne les Bains, Francia. En: Riv. it EPPOS (Speciale)* (1992).
• Verlet, N. (1993). Comercial Aspects. En Hay, R.K.M y col.. (Eds). *Volatile Oil Crops*. Ed. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK. pp. 137-176.
• Vila, R. (1987) *Contribución al estudio de polifenoles y aceites esenciales en el género Thymus*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona.
• Vilarem, G. y col.(1997). Extraction assistée pas ultrasons. *OCL* 4(1) 42-45.
• Villalobos, R. (1995). *Distribución de Quassia amara L. ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos*. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 174 p. + anexos.
• Vogel, H. y col.. (1997). Fluctuación diurna y anual del contenido de aceite esencial en cedrón (*Aloysia triphylla* (L´Herit) Britt). *Resúmenes del WOCMAP II. Mendoza, Argentina.*
• Vyvyan, J.R. (2002). Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron* 58:1631-1646.
• Wagner, H. y col. (1973). Über der pharmakologische Wirkung von Melissengelst. *D. Apoth. Ztg*. 113: 1159-1166.
• Wagner, H. y col. (1986). *In vitro* Hemmung der prostaglandin-biosynthese durch etherische ole und phenolische verbindungen. *Planta Medica* 27:184-187.
• Wagner, H.; Bladt S. y Zgainski, E.M. (1984). *Plant Drug Analysis*. Springer Verlag, Berlín, Heidelberg, New York. 272 pág.
• Wainberg, K.G. (1983). *Evaluación de la calidad de Mentha spp*. Tesis Lic. Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica, UCR. 75 p.
• Warren C. y S. Warrenburg. (1993). Mood Benefits of Fragrance. *Perfum. & Flav*. 18 (2):9-15.
• Watts, B.M. y col., (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ed. CIID, Ottawa, Canadá. 170 pp.
• Wheeler, G.E. y col., (1993). Use of herbal medicines in modern dairy farming. A breeding efficiency programme. *Acta Horticult*. (333):299-308.
• Whish, J.P.M. (1996). A Flexible Distillation System for the Isolation of Essential Oils. *J. Essent. Oil Res*. 8:405-410.
• Yadav, D. y col. (1988). Intensive cropping systems for eastern Uttar Pradesh. *Indian Farming*, 37 : 3.
• Yu, J.Q., Zhou, P. y Xiao, S.D. (1995). *Chinese J. Chem*., 13, 280.
• Zaussinger, A. (1993). Convective Drying of Herbs. *Planta Medica* (Supl.):136.
• Zheng, G. y col. (1992). Anethofuran, carvone and limonene: potential cancer chemopreventive agents from dill weed oil and caraway oil. *Planta Medica* 58:338-341.

Indice temático

A

B

C

CH

D

E

F

G

H

I

N

O

P

Z